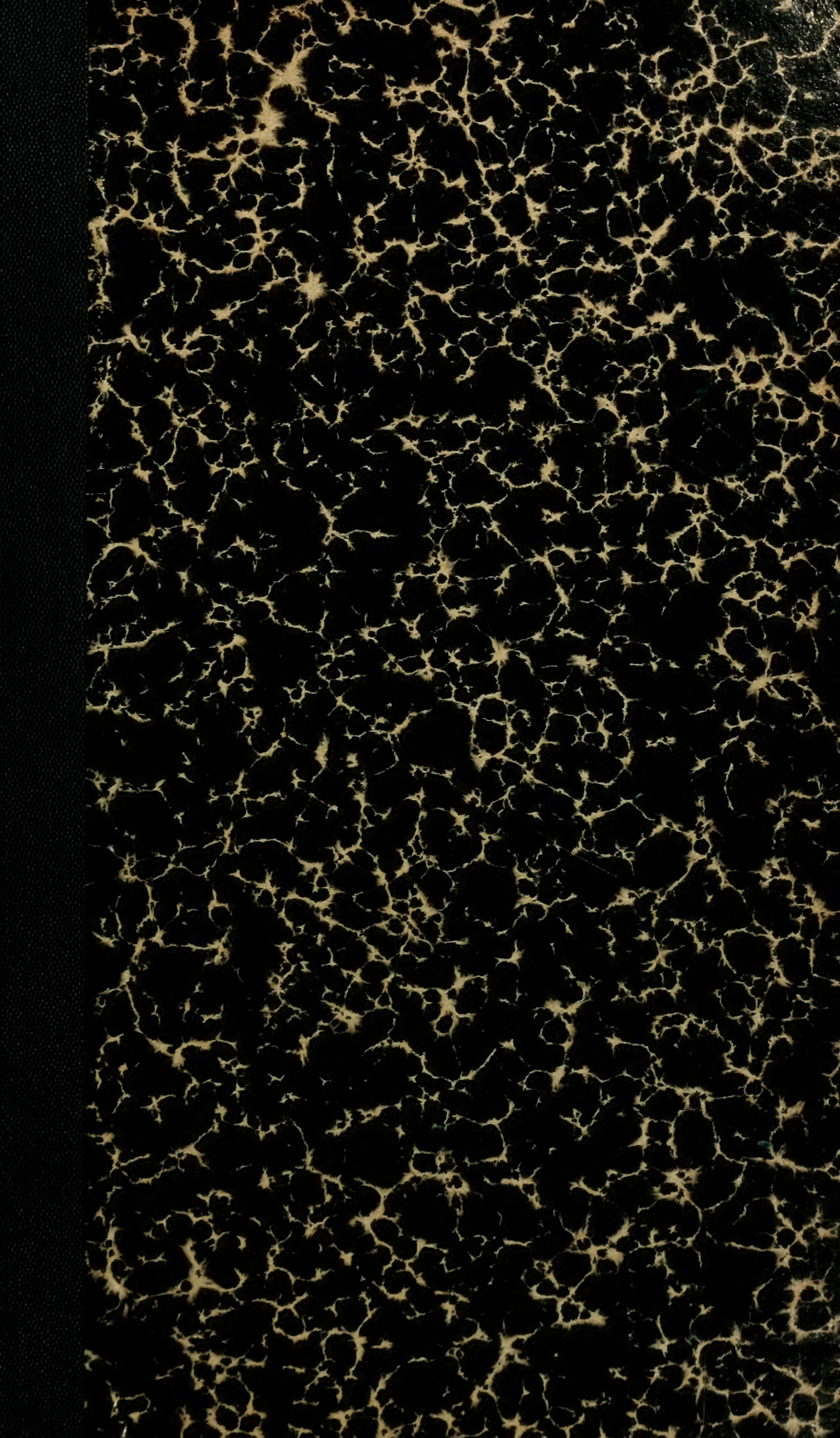
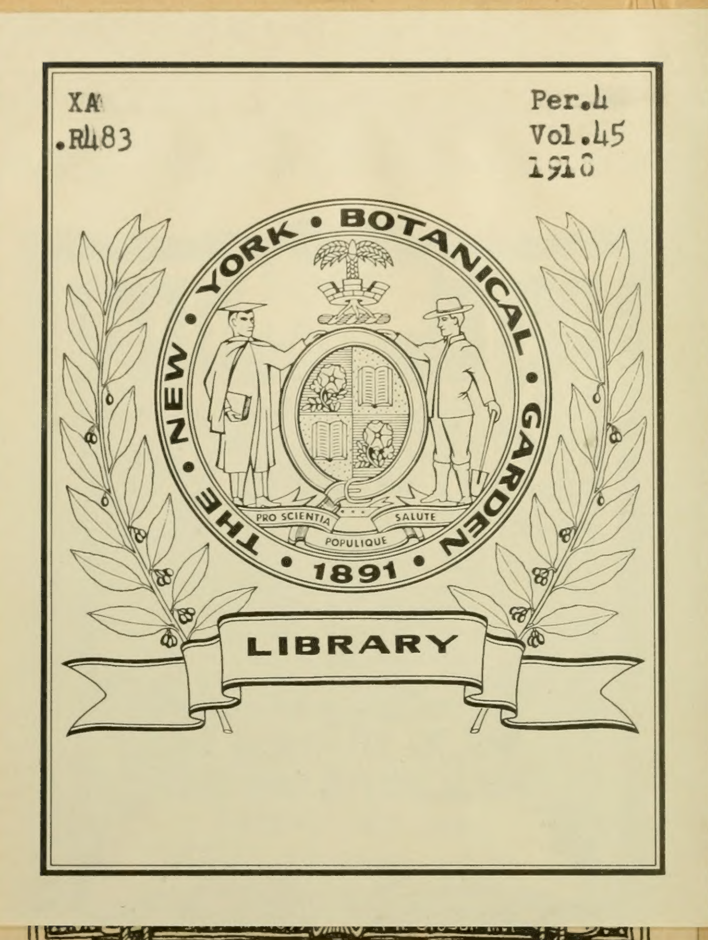



THE NEW YORK BOTANICAL GARDEN
PRO SCIENTIA
POPULIQUE
SALUTE
1891
LIBRARY

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

GENÈVE — IMPRIMERIE ALBERT KUNDIG
Rue du Vieux-Collège, 4

CENT VINGT-TROISIÈME ANNÉE

1918

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

(4me Période — Vol. 45)

GENÈVE
RÉDACTION DES ARCHIVES, RUE DU VIEUX-COLLÈGE, 4

PARIS
H. LE SOUDIER
174-176, Boul. St-Germain

LONDRES
DULAU & Cie
37, Soho Square

NEW-YORK
G. E. STECHERT & Co
151-155, W 25th Street

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, GEORG & Co, à Bâle

1918

1918 Vol. 45 Janvier

LES PHÉNOMÈNES CRÉPUSCULAIRES

D'APRÈS LES

Observations anciennes et récentes faites en Suisse

PAR

P. GRUNER
Prof. de physique théorique à l'Université de Berne

(Avec 7 fig.)

I. — Introduction.

Nous donnons ici le résumé d'une partie d'un grand travail, fait en commun par MM. H. Meyer, Fr. Schmid et P. Gruner ces dernières années et qui a obtenu en septembre 1917 le prix Schläfli de la Société helvétique des Sciences naturelles.

L'auteur de ce résumé a, depuis de longues années, porté son attention sur les phénomènes crépusculaires, s'attachant surtout à la recherche des problèmes d'optique théorique que posent ces phénomènes. Ayant constaté que la base empirique, nécessaire à de pareilles recherches était encore très incomplète et encouragé par l'apparition des fortes lueurs crépusculaires de 1902, causées par l'éruption du Mont Pelée, il a commencé, dès la fin de 1902, ses observations crépusculaires qu'il a continuées plus ou moins régulièrement jusqu'à ce jour. Ces observations ont été publiées de 1903 à 1913 dans les *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern,* et il en a été rendu compte de temps en temps dans les *Archives.* Elles comprennent déjà

un matériel très étendu et permettent spécialement de se rendre compte du développement normal des lueurs crépusculaires et pas seulement de ses anomalies, causées par des troubles volcaniques, qui ont presque uniquement attiré l'attention des autres observateurs.

Voyant la nécessité d'élargir son champ d'observation, l'auteur a cherché des collaborateurs et a pu s'adjoindre M. le D[r] Fr. Schmid d'Oberhelfenswil et M. H. Meyer, professeur à Glarisegg. M. Schmid est bien connu par ses observations si remarquables concernant la lumière zodiacale, qui l'ont conduit successivement à l'étude du crépuscule nocturne et plus tard aussi à celle du crépuscule astronomique et civil, et des cercles solaires pendant la journée. C'est grâce à sa collaboration que notre travail donne un aperçu très complet de ces phénomènes du crépuscule nocturne, encore si peu connu et pourtant si important. Vu le caractère tout spécial de ces travaux, nous n'en parlerons pas ici, laissant à M. Schmid le soin de publier à l'occasion ces résultats. M. Meyer aussi se vouait depuis de longues années aux études astronomiques et atmosphériques et a entrepris avec un zèle et un dévouement extrêmes des observations très suivies à Glarisegg, au Piz Languard, à Brione et à Arosa ; il a aussi puissamment collaboré au dépouillement de toutes les observations suisses que nous avons rassemblées.

C'est ainsi que ces trois observateurs, travaillant d'abord chacun indépendamment l'un de l'autre, se sont unis ces dernières années dans le travail commun que nous résumons maintenant.

Nous ne pouvons donner que quelques points essentiels de ce travail volumineux. La première partie contient une *revue historique et chronologique* de toutes les observations en rapport avec les phénomènes crépusculaires, faites en Suisse depuis le onzième siècle jusqu'à nos jours. Cette revue est aussi complète que possible, très détaillée et ne se borne pas à une simple compilation, mais en fait une étude critique soignée. Nous laissons de côté cette partie et commencerons tout de suite par la discussion du phénomène crépusculaire essentiel, la lumière pourprée, après avoir donné quelques indications sur les observations récentes, faites en Suisse.

II. — L'organisation des observations récentes en Suisse.

Sur l'initiative de l'auteur, un certain nombre de personnes se sont engagées volontairement à faire pendant une certaine période des observations crépusculaires, parallèles à celles de Berne, et de les mettre à notre disposition. Il n'était pas très facile d'obtenir dès l'abord de ces observateurs, presque tous novices et ne disposant pas toujours librement de leur temps, des résultats satisfaisants, aptes à des comparaisons utiles; aussi a-t-il fallu toutes sortes d'essais et d'instructions, avant d'arriver à un résultat convenable. Pour faciliter et unifier la notation, des formulaires spéciaux ont été imprimés et distribués, et c'est pour cette raison que l'auteur publia en 1915 sa « Schematische Darstellung des Verlaufes der Dämmerungsfarben [1] », traduite en raccourci en français sous le titre : « Nouvelles remarques concernant les lueurs crépusculaires du ciel [2]. » Remarquons tout de suite que toutes les désignations et définitions que nous emploierons dorénavant se trouvent expliquées dans cette publication, à laquelle nous renvoyons le lecteur.

Voici la liste des observateurs qui ont fourni le matériel nécessaire à notre travail :

P. Gruner observe dès décembre 1902 à Berne (450-480 m d'altitude), parfois, en été, à l'embouchure de la Reuse dans le lac de Neuchâtel (435 m).

H. Meyer, professeur à Glarisegg, près Steckborn (Thurgovie), à 420 m, observe dès la fin de 1912.

Dr Fr. Schmid, à Oberhelfenswil (St-Gall), à environ 900 m, observe les phénomènes crépusculaires proprement dits dès 1914.

F. Moser, maître d'école à Oberbalm (Berne), à environ 850 m, observe dès le 25 avril 1915.

[1] Gruner, P. *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern*, 1915, p. 264.

[2] Gruner, P. *Arch. 1916*, vol. 42, p. 32. — Une publication antérieure : « Quelques remarques concernant les lueurs crépusculaires du ciel » (*Arch. 1914*, vol. 37, p. 226), donne une description générale du développement des phénomènes crépusculaires et un aperçu des résultats obtenus jusqu'en 1913.

H. Bay, pasteur à St-Béatenberg (Berne), à 1150 m. observe uniquement l'Alpenglühen, dès le 25 avril 1915 jusqu'à la fin de 1916.

J. Vallier, à l'observatoire de Genève, 407 m, observe, avec interruptions, du 15 mai 1915 jusqu'à la fin de 1916.

Des observations moins suivies et moins complètes nous ont été remises par M. le Dr A. Fisch, professeur à Wettingen (Argovie), à 390 m, du 3 novembre 1915 à fin 1916; par M. A. Michel, pasteur à Märstetten (Thurgovie), à 460 m, seulement du 6 juin 1915 à la fin d'octobre 1915; par Mlle J. Schreiber, sur le Righi, à 1790 m, du 8 octobre au 30 novembre 1915; par M. O. Berger, à Berne, à 450 m, pour différentes périodes; de même par M. le Dr A. de Quervain, professeur, et M. le Dr R. Billwiler, à Zurich, à 490 m, et par M. A. Riggenbach, professeur à Bâle, à 275 m. Enfin M. le Dr J. Maurer, directeur de l'institut météorologique, a bien voulu nous faire parvenir un certain nombre d'observations notées à différentes stations météorologiques suisses. Rappelons aussi les belles observations de M. le Dr C. Dorno à Davos, à 1600 m, qu'il a publiées indépendamment de notre organisation mais qu'il a aimablement mises à notre disposition le printemps dernier. A cette occasion nous exprimons notre reconnaissance profonde à tous ces collaborateurs, spécialement à MM. Moser et Bay pour leur travail zélé et persévérant.

Enfin, grâce aux subsides financiers du Comité central du Club Alpin Suisse ainsi que de la section de Berne de ce même Club et aussi de la Société d'Histoire naturelle de Berne, sociétés auxquelles nous exprimons notre gratitude sincère, il a été possible d'organiser deux expéditions alpines, permettant d'étudier les phénomènes crépusculaires à de grandes altitudes. Pour raison de force majeure, il n'a pas été possible d'organiser ces deux expéditions simultanément, comme cela aurait été désirable: en outre la situation météorologique a été peu favorable à la première de ces deux expéditions, qui a néanmoins donné, comme la seconde, des résultats précieux. C'est M. H. Meyer qui avec un grand dévouement a fait la série d'observations du 14 juillet au 10 août 1916 sur le *Piz Languard,* à 3268 m, et c'est M. F. Moser qui a observé sur le *Faulhorn,* à 2683 m, du 11 août au

3 septembre 1916, les phénomènes crépusculaires dans leur développement complet. Nous n'entrons pas dans les détails de ces expériences si intéressantes, vu qu'un rapport en sera donné dans l'annuaire du Club Alpin Suisse de 1918.

Grâce à ces diverses collaborations, auxquelles se joignirent encore quelques observations isolées que nous ne pouvons toutes citer, nous possédons un matériel extrêmement riche et varié concernant les phénomènes crépusculaires, probablement la collection la plus complète sur ce sujet. Le temps nous a manqué jusqu'ici pour analyser et discuter à fond ces innombrables observations et c'est à grand regret que nous avons dû nous borner, pour le moment, à n'en utiliser que certaines parties, nous réservant de reprendre plus tard ce qui manque encore, et spécialement l'étude du rapport des phénomènes météorologiques proprement dits avec les phénomènes crépusculaires.

Pour utiliser toutes ces observations il faut un long travail préparatoire. Non seulement il faut classer les phénomènes divers, mais il s'agit surtout de calculer, pour tous les instants de toutes les observations, la position du soleil sous l'horizon, sa dépression et son azimut. Ce travail considérable a été exécuté patiemment par M. H. Meyer et forme la base de toute discussion ultérieure. Puis il a fallu rassembler, sous forme de très nombreux tableaux, les résultats des observations diverses et former enfin des moyennes selon les points de vue les plus variés ; cette formation des valeurs moyennes par périodes, par années, par saisons, par mois, fut compliquée par le fait que les observations, même d'un seul observateur, sont souvent de valeur très différente et qu'il faut s'efforcer de donner à chaque observation le poids qui lui revient.

Pour la discussion générale, il est essentiel de séparer nettement les périodes très différentes que contiennent nos observations de 1903-1916. L'auteur distingue d'après ses recherches les périodes suivantes :

I. — *Périodes non troublées :*

1. Mars 1905 à juin 1912.
2. Mars 1914 à juillet 1916.

II. — *Périodes troublées :*

1. Janvier 1903 à février 1905 (trouble du Mt-Pelée).
2. Juillet 1912 à février 1914 (trouble du Katmaï).
3. Août 1916 à décembre 1916 (troubles récents).

III. — La lumière pourprée.

A. *Le développement initial.* Les premiers moments de l'apparition de la lumière pourprée forment un phénomène bien plus complexe qu'on ne pourrait le croire au premier abord. L'auteur en distingue six catégories diverses :

1° *Transformation de la lumière pourprée par transformation du « cercle brun ».* De nombreuses observations constatent que la « lueur transparente » qui resplendit au couchant dès le commencement du crépuscule apparaît souvent comme bordée d'un large cercle diffus semi-circulaire reposant sur les couches horizontales colorées et montrant une faible coloration indécise : rouge-brunâtre, violette ou grisâtre. Ce phénomène que nous nommons, d'après Riccò, le « cercle brun » et qui parfois (mais pas du tout régulièrement) n'est que la continuation du cercle de Bishop, représente quelquefois la phase initiale de la lumière pourprée qui n'en est que l'élargissement et le développement complet.

2° *Formation en demi-cercle.* Dans des cas exceptionnels la lumière pourprée apparaît, indépendamment du cercle brun, dès le premier moment en forme de demi-cercle de couleur rose ou gris-pourpre, entourant la lueur transparente et la couvrant peu à peu de ses teintes de pourpre.

3° *Formation en lueur indécise.* Nombreux sont les cas où la lumière pourprée se forme d'une manière insensible. C'est la « lueur transparente » qui peu à peu prend une teinte jaunâtre, puis se transforme en coloration rose ou pourpre, d'un caractère indécis, et enfin révèle la nature d'une lumière pourprée normale.

Comparant ces deux dernières catégories, dont la première semble une forme intermédiaire, l'auteur conclut qu'il y a *deux modes distincts pour la formation de la lumière pourprée.* L'un serait un phénomène de diffraction pure qui produit autour du

soleil, caché sous l'horizon, ce cercle rose plus ou moins net; l'autre serait un phénomène de réflexion diffuse de la lumière solaire produisant un éclairement général plus ou moins étendu. Ce sont probablement les mêmes particules, suspendues dans l'atmosphère, qui déterminent les deux phénomènes; mais selon la densité et la dimension de ces particules et selon l'homogénéité des couches invisibles qu'elles forment, c'est l'un ou l'autre des deux phénomènes qui prédominera et qui décidera du développement initial de la lumière pourprée.

4° *Formation en rapport avec l'anti-crépuscule.* Ici il s'agit de l'ancienne conception de L.-A. Necker-de Saussure[1]. D'après ses observations les « vapeurs rouges » paraissent d'abord à l'horizon oriental, où elles forment, le soir, le beau ruban violet-pourpre que nous nommons « l'anti-crépuscule ». A mesure que le soleil descend, ces vapeurs rouges s'élèvent, suivies du segment bleu-gris de l' « ombre de la terre ». En montant vers le zénith, la coloration des vapeurs devient imperceptible, et ce n'est que lorsqu'elles redescendent, de l'autre côté du zénith, vers le couchant, qu'elles commencent à réapparaître à nos yeux; c'est alors qu'elles forment la lumière pourprée dans tout son éclat. Cette conception qui avait été délaissée presque généralement, est reprise par l'auteur et paraît vraiment correspondre à un très grand nombre de nos observations récentes.

Il arrive assez fréquemment que la lumière pourprée prend la forme d'un éventail, formé de beaux rayons bleuâtres et pourprés; ce phénomène se rencontre aussi à la partie opposée du ciel, dans les colorations de l'anti-crépuscule. Chaque fois que des observations bien faites ont noté l'apparition de pareils rayons des deux côtés, il a été constaté: 1° que les rayons de l'anti-crépuscule apparaissent comme une image, réfléchie par un miroir, des rayons de la lumière pourprée; 2° que ces rayons se montraient d'abord dans l'anti-crépuscule et seulement notablement plus tard dans la lumière pourprée; 3° que parfois ces rayons traversent en vaste demi-cercle toute la voûte céleste, donnant un aspect magnifique du ciel qui resplendit alors

[1] Necker, L.-A. *Annales de Chimie et de Physique*, 1839, vol. 70, p. 113, 225.

de l'ouest à l'est en de longs fuseaux pourprés, séparés par de larges bandes bleu-verdâtres.

L'auteur démontre que ces faits, dûment prouvés, ne peuvent être expliqués autrement qu'en admettant la belle théorie de Necker; mais alors il faut nécessairement conclure que dans tous ces cas-là *la lumière pourprée est essentiellement un phénomène de réflexion diffuse (et non de diffraction pure), produite par les particules suspendues dans l'atmosphère.* Cette réflexion diffuse des rayons solaires ayant d'abord lieu au-dessus de l'horizon oriental (où il ne peut s'agir de diffraction) y formerait les colorations de l'anti-crépuscule, puis, dans les régions plus élevées, elle deviendrait insensible à nos yeux et enfin, au couchant, elle reparaîtrait sous forme de lumière pourprée.

5° *Formation par illumination de cirrus.* Souvent le ciel est couvert au couchant de cirrus très fins qui apparaissent bientôt colorés d'un rose très vif. Parfois cette teinte, au lieu de disparaître, perd ses contours précis, les formes des cirrus disparaissent et toute cette partie du ciel prend une coloration uniforme, se transformant ainsi insensiblement en lumière pourprée. Dans quelques observations l'auteur a même constaté, le matin, la formation de rayons roses, traversant tout le ciel, comme de vrais rayons de lumière pourprée, et puis se révélant, un peu plus tard, comme de longues bandes de cirrus très fins. On peut conclure de semblables observations que la réflexion diffuse, produite par les petits cristaux de glace dont se composent les cirrus, provoque en principe les mêmes phénomènes que la lumière pourprée nous dévoile sur un ciel paraissant absolument pur.

6° *Formation par développement de la « tache pourprée ».* La description classique des lueurs crépusculaires nous apprend que la lumière pourprée commence en général par la formation d'une « tache » de très faible coloration gris-pourpre et de petite dimension, apparaissant à une vingtaine de degrés au-dessus de l'horizon. Cette « tache » formerait en s'accroissant de tous côtés et en augmentant d'intensité la lumière pourprée. Il est intéressant de constater que ce mode d'apparition est en général plutôt rare, de sorte qu'il ne peut plus être considéré comme le type normal de la formation de la lumière pourprée. Néanmoins

il peut être constaté très nettement dans certains cas et il forme un phénomène très beau qui semble difficile à expliquer.

B. *Le développement ultérieur et final.* Nous donnons en premier lieu les résultats numériques qui ressortent en moyenne des observations faites par l'auteur à Berne, pendant une période de quatorze années (1903-1916).

Le moment de la *première apparition* de la lumière pourprée correspond à une dépression du soleil de *2°,3* au-dessus de l'horizon (moyenne de 468 observations).

Le moment du *maximum de l'intensité* correspond à une dépression de *3°,8* (moyenne de 456 observations).

Le moment de la *disparition* correspond à une dépression de *5°,2* (moyenne de 446 observations).

La *durée* moyenne est de *19 minutes* (moyenne de 342 observations).

Comme ces chiffres embrassent l'ensemble de toutes les observations, aussi de celles où la lumière pourprée était très peu développée, il a paru utile de faire un second dénombrement des observations et de faire la statistique des lumières pourprées dont l'intensité dépasse la normale, des « *lumières pourprées supernormales* ».

Le tableau suivant donne le résultat de cette statistique, complétée par les observations des années 1915-1916, faites à Oberbalm, à Steckborn et à Oberhelfenswil :

		Dépression du soleil pour les phases de la lumière pourprée : Commencement	Intensité maximum	Fin	Durée de la lumière pourprée
Moyennes de toutes les observations	Berne	2°,3	3°,8	5°,2	19 min.
Moyenne des lumières pourprées « supernormales ».	Berne	2,3	4,1	5,6	22 min.
	Oberbalm	2,4	4,5	6,5	27 min.
	Steckborn	2,4	4,2	6,2	22 min.
	Oberhelfenswil	2,4	3,9	5,8	21 min.

Il ressort clairement de ce tableau que les *belles lumières pourprées* ne montrent en général pas de retard en ce qui con-

cerne le moment de leur apparition mais que le *maximum de leur intensité ainsi que leur disparition est sensiblement retardée*, de sorte que leur durée dépasse nettement la moyenne.

C. *L'intensité et la couleur de la lumière pourprée.* La discussion détaillée des récentes observations permet les conclusions suivantes :

L'intensité relative visuelle et la coloration de la lumière pourprée sont en relation intime ; toutes deux sont à un haut degré influencées par des facteurs purement subjectifs.

Le *développement de l'intensité en fonction de la dépression du soleil semble être symétrique* si l'on fait des observations dans l'air pur d'une station élevée : l'intensité y montre une ascension régulière jusqu'au maximum, puis une diminution correspondante. Mais aux stations situées plus bas, dont l'air est vicié, la diminution d'intensité s'effectue beaucoup plus rapidement. En général les influences locales sont très marquées dans le développement de l'intensité ; de même la formation de rayons, ainsi que d'autres causes, pas encore élucidées, peuvent produire de fortes variations d'intensité.

Les impuretés de l'atmosphère (situation basse, environs d'une ville) produisent en général une prédominance de teintes jaunes, au moins au commencement du développement ; dans l'air pur, à des altitudes supérieures, les nuances violettes-pourprées se montrent dès le premier instant.

Vers le maximum de l'intensité, la coloration est en général rose-pourpre (fleur de pêche) ; cette nuance persiste d'ordinaire jusque vers la fin, mais parfois il s'y mêle des teintes violettes ou brun-jaunâtres.

Les colorations ne sont pas uniformes sur toute la surface de la lumière pourprée ; généralement les parties inférieures montrent des teintes jaunâtres, les supérieures des nuances rouge-violettes. Dans des conditions très favorables on peut distinguer des limbes concentriques de différentes colorations.

D. *L'étendue et la forme de la lumière pourprée.* C'est M. A. Riggenbach de Bâle qui, le premier, a fait des mesures exactes

et détaillées de l'étendue de la lumière pourprée en fonction de la dépression du soleil. Comparées aux observations récentes, les mesures de la *hauteur moyenne de la lumière pourprée,* correspondantes aux dépressions successives du soleil, donnent les chiffres suivants :

Lieu d'observation	Période des observ.	Dépression du soleil sous l'horizon.									
		—2°	—2°,5	—3°,0	—3°,5	—4°,0	—4°,5	—5°,0	—5°,5	—6°,0	—6°,5
Bâle	1884-85	—	25°	28°	**34°**	33°	26°	20°	16°	12°	8°
Berne	1915-16	21,3	27,0	29,6	**29,8**	29,4	25.9	18,3	10,5	5,0	—
Zurich	Sept.-Nov. 1916	47.0	45,0	43.3	39,6	36,6	26,7	20,0	12,9	5,0	—
Märstetten	Juil.-Sept. 1915	34,0	33,5	33,8	32.4	28,3	22,6	15.0	—	—	—
Oberbalm	1915-16	40 0	42,2	**47.0**	36,1	32,3	24,9	19,2	15,2	10.0	5,9
Steckborn	1915-16	50.0	47,0	44,1	43.2	38,5	28,6	17,2	13.4	8,4	5,8

Nous ne pouvons discuter ici ces résultats qui démontrent la grande diversité de ces observations, diversité qui devient énorme quand on ne considère pas seulement les moyennes mais les observations individuelles. D'ailleurs il faut bien se rendre compte que cette diversité provient en grande partie de facteurs tout à fait subjectifs, chaque observateur voyant la limite supérieure à une hauteur différente. Mais en général il ressort clairement que la pureté de l'atmosphère (mauvaise pour Berne et Zurich, bonne pour Oberbalm et Steckborn) influe nettement sur la rapidité de l'abaissement de la lumière pourprée : celle-ci disparaît beaucoup plus vite à travers une atmosphère troublée. Les observations de Bâle sont intéressantes, en ce qu'elles montrent, d'une part, l'influence du peu de pureté de l'atmosphère de Bâle, révélée par le petit chiffre (34°) pour la hauteur maximum, tandis que, d'autre part, le caractère des lueurs particulièrement intenses de la période cracatoësque se fait remarquer dans l'abaissement très lent de la lumière pourprée (à 6°,5 de dépression du soleil elle a encore une hauteur de 8°).

Quant à la *forme* que prend la lumière pourprée après les premiers instants, toutes les observations sont d'accord pour la

désigner comme ayant une *forme ovale à circulaire*, une espèce de limbe à contours plus ou moins indécis, flottant au-dessus des couches horizontales colorées, et semblant peu à peu se plonger derrière celles-ci. En général l'étendue horizontale maximum ne se trouve donc pas tout à fait au bas de la lumière, mais un peu plus haut, de sorte que la surface colorée se rétrécit un peu vers le bas, ce qui lui donne précisément la forme ovale. Si l'impression que donne la lumière pourprée est souvent celle d'une pyramide élevée, à pointes et à base arrondies, il ne s'agit que d'une illusion optique bien connue, qui nous fait apparaître les dimensions verticales de la voûte céleste beaucoup plus grandes que les horizontales.

Le tableau suivant qui contient la *moyenne mensuelle de l'étendue horizontale maximum* de la lumière pourprée nous fait entrevoir immédiatement qu'elle dépasse de beaucoup l'étendue verticale maximum.

MOYENNES POUR L'ÉTENDUE HORIZONTALE MAXIMUM DE LA LUMIÈRE POURPRÉE.

	Steckborn	Oberhelfenswil		Faulhorn		Piz Languard	
	soir	matin	soir	matin	soir	matin	soir
	°	°	°	°	°	°	°
Janvier	76	76	81	—	—	—	—
Février	60	53	76	—	—	—	—
Mars	—	68	60	—	—	—	—
Avril	58	—	85	—	—	—	—
Mai	—	58	60	—	—	—	—
Juin	—	—	—	—	—	—	—
Juillet	58	68	84	—	—	—	54
Août	—	70	88	92	78	88	63
Septembre	70	75	81	82	87	—	—
Octobre	66	76	89	—	—	—	—
Novembre	—	—	85	—	—	—	—
Décembre	—	65	68	—	—	—	—

Pour Bâle, M. A. Riggenbach donne une moyenne de 45° ; à Berne, l'auteur de ce mémoire trouve, comme moyenne de quelques observations, environ 49° ; il ressort immédiatement de

ces mesures que l'étendue de la lumière pourprée s'accroît avec l'altitude de l'observateur et la pureté de l'atmosphère, ce qui d'ailleurs n'est pas étonnant.

Comme pour l'étendue en hauteur, l'étendue en largeur augmente d'abord avec la dépression du soleil, atteint son maximum à des dépressions de 3°,5 à 4°,5 et puis se rétrécit lentement[1].

M. Dr Fr. Schmid à Oberhelfenswil a fait des observations très importantes, démontrant que la forme de la lumière pourprée est très souvent *asymétrique*. Ses observations, extrêmement délicates et précises, donnent le résultat suivant : *Le soir, la lumière pourprée prend parfois une inclinaison plus ou moins apparente vers le sud, provenant du fait que l'intensité maximum se déplace relativement au centre de la lumière pourprée vers la gauche;* le matin, ce déplacement s'effectue vers la droite, et il en résulte de nouveau une inclinaison vers le sud.

Les études faites par l'auteur sur ce phénomène semblent démontrer qu'il s'agit ici d'un effet purement local, produit par la position de nos observateurs suisses qui ont tous devant eux l'imposante muraille de la chaîne des Alpes, s'étendant du SW jusqu'à l'E. Les rayons du soleil étant arrêtés à la partie inférieure par ces montagnes, ne peuvent former la lumière pourprée d'une manière complète ; elles en masquent une partie, de sorte que le phénomène ci-dessus indiqué doit justement se produire. Ce n'est que par des observations répétées et faites à des endroits différents qu'il sera possible de dire si cette hypothèse est juste ou non.

En second lieu, M. Schmid a constaté par des mesures répétées de l'azimut des bords extrêmes de la lumière pourprée le fait suivant, contrôlé après lui par différents autres observateurs.

Le centre de la lumière pourprée ne se trouve en général pas exactement au-dessus du soleil, caché sous l'horizon, mais est plus

[1] Indiquons ici une observation intéressante, faite par M. Meyer au Piz Languard, le 9 août 1916, le matin : la lumière pourprée avait atteint une étendue horizontale maximum de 110°, puis se rétrécit peu à peu en forme de « tache » de 60°, correspondant à une dépression du soleil de 2°,7 ; bientôt après cette « tache » se transforme en « cercle brun », dont le diamètre horizontal atteint jusqu'à 150° ; la dépression du soleil étant 0°,5.

ou moins dévié par rapport à celui-ci. Le soir, cette déviation s'effectue presque toujours vers la gauche, donc à l'inverse de la marche du soleil. Les observations, plus rares, du matin sont moins concordantes, mais elles paraissent plutôt indiquer une déviation vers la droite, donc dans le sens de la marche du soleil. Il est intéressant de constater qu'une déviation semblable vers la gauche (le soir) se révèle aussi dans les mesures de la position des « points neutres » de la polarisation céleste, faites par M. Süring[1] à Potsdam et par M. Dorno[2] à Davos.

L'auteur du présent mémoire, développant sa théorie de la lumière pourprée (voir la VIe partie), conclut que ces phénomènes de déviation s'expliquent tout naturellement en admettant que *les couches élevées de l'atmosphère qui produisent la lumière pourprée ne restent pas exactement parallèles à la surface terrestre, mais s'élèvent (dans nos latitudes) insensiblement vers le sud,* formant probablement, au lieu d'une sphère concentrique, un *ellipsoïde de rotation aplati.* Cette hypothèse a d'ailleurs été exprimée déjà antérieurement par M. Schmid qui l'avait déduite des déviations bien plus fortes observées sur la lumière zodiacale.

E. *La période annuelle de la lumière pourprée.* Pour se rendre compte des phénomènes de périodicité annuelle de la lumière pourprée, qui a d'ailleurs déjà été relevée par la majorité des observateurs, il s'agit en premier lieu d'éliminer autant que possible les périodes anormales de troubles atmosphériques. Pour cette raison nous ne considérerons ici que *la période de mars 1905 à juin 1912* qui, en général, a été exempte de troubles très marquants.

Les observations de cette période, faites à Berne, sont classées par moyennes mensuelles dans le tableau suivant ; ces moyennes sont réunies par saisons : hiver (décembre-février), printemps (mars-mai), été (juin-août), automne (septembre-novembre).

Outre les chiffres déjà souvent mentionnés, ce tableau con-

[1] Süring, R. *Veröffentlichungen des k. pr. meteorologischen Institutes,* N° 240, p. 12, 1910, et N° 279, p. VIII, 1914.

[2] Dorno, C. Communication par lettre.

tient dans la septième colonne le résultat du dénombrement des lumières pourprées supernormales, en indiquant le pour cent de ces lumières relativement au nombre total des lumières pourprées observées chaque mois. La huitième colonne enfin donne le nombre total des lumières secondaires (2me Purpurlicht) pour chaque mois.

Valeurs moyennes des observations de Berne de Mars 1905 a Juin 1912.

	Dépression du soleil pour les phases :						
	Commencement	Max. d'intensité	Fin	Durée	Intens.	Lumières supernorm. en %	Nombre des lumières second.
	°	°	°	min.			
Janvier	2,8	3,5	5,2	19	1,5	4	7
Février	2,4	3,7	5,1	16	1,4	0	4
Mars	2,5	3,6	5,2	19	0,9	0	0
Avril	2,4	3,6	4,6	15	1,2	5	0
Mai	1,9	3,5	4,7	20	1,7	14	0
Juin	2,3	3,6	4,7	22	1,9	12	0
Juillet	2,0	3,5	4,9	23	2,4	31	0
Août	2,2	4,0	5,2	19	2,4	41	3
Septembre	2,1	3,7	5,2	19	2,5	35	6
Octobre	2,3	3,8	5,0	16	1,7	16	3
Novembre	2,6	4,0	5,4	18	1,5	19	4
Décembre	2,2	3,9	5,1	19	2,1	33	2
Hiver	2,5	3,7	5,1	18	1,6		
Printemps	2,3	3,5	4,9	18	1,2		
Eté	2,1	3,6	4,9	21	2,3		
Automne	2,4	3,8	5,2	17	1,8		
Année entière	2,3	3,7	5,0	19	1,8		

La représentation graphique, fig. 1. des *intensités* mensuelles, ainsi que des % *des lumières supernormales*[1] permet immédia-

[1] La ligne finement pointillée donne à titre de comparaison le % des lumières supernormales de toutes les observations, de 1903-1916, y compris les périodes troublées.

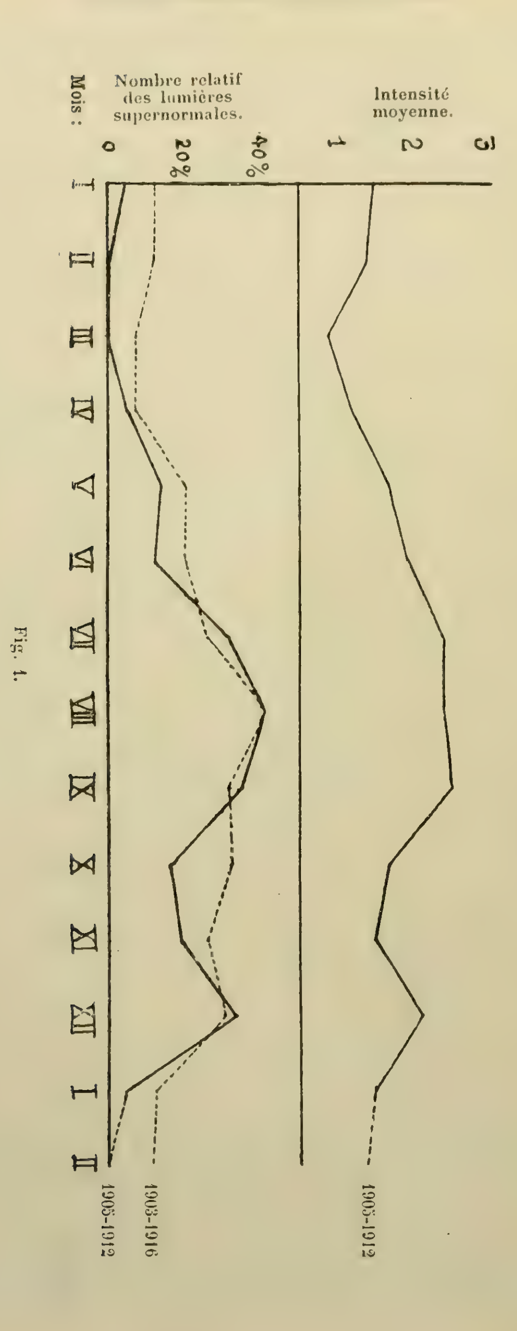

Mois :
Nombre relatif des lumières supernormales.
Intensité moyenne.
0
20%
40%
1
2
3
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII
I
II
1905-1912
1903-1916
1905-1912

Fig. 1.

tement de reconnaître la *période annuelle de la lumière pourprée :*

Le développement de la lumière pourprée atteint un minimum vers le commencement du printemps et un maximum vers la fin de l'été. Un maximum secondaire se forme en hiver, un minimum secondaire en automne. La même marche annuelle se retrouve aussi par rapport à la dépression solaire au moment de la fin de la lumière pourprée, et aussi, jusqu'à un certain degré, dans sa durée ; cependant il ne faut pas oublier que la durée varie tout naturellement du solstice à l'équinoxe.

Si nos résultats ne concordent pas tout à fait avec ceux d'observateurs plus anciens, par exemple avec ceux de M. Riggenbach, cela ne doit pas étonner. Ceux-ci n'ont en général pas fait des études réparties également sur tous les mois de l'année, de sorte que certaines périodes de l'année prédominent nécessairement dans leurs calculs des moyennes mensuelles. Ce ne sont que des périodes d'observations de très longue durée et très suivies qui peuvent donner un résultat approximativement juste, et nous nous rendons très bien compte que notre période de 7 années est encore trop courte pour pouvoir permettre des conclusions définitives.

F. *La période séculaire de la lumière pourprée.* Ce que nous venons de dire s'applique à bien plus forte raison aux conclusions qui suivent. Il serait téméraire de vouloir déduire une périodicité des phénomènes crépusculaires d'une série d'observations ne s'étendant que sur 14 années. Néanmoins nous nous permettons de donner ici les résultats auxquels nos observations nous ont conduits, ne serait-ce que pour indiquer la voie sur laquelle des recherches futures devraient s'engager. Dans le tableau suivant, nous avons réuni les mêmes données que dans le tableau précédent, mais cette fois pour les moyennes annuelles des années 1903-1916. Nous avons omis l'indication de la durée qui ne présente pas d'intérêt particulier dans sa moyenne annuelle, par contre la huitième colonne contient le nombre moyen annuel des *taches solaires,* d'après les observations précieuses de M. Wolfer à Zurich.

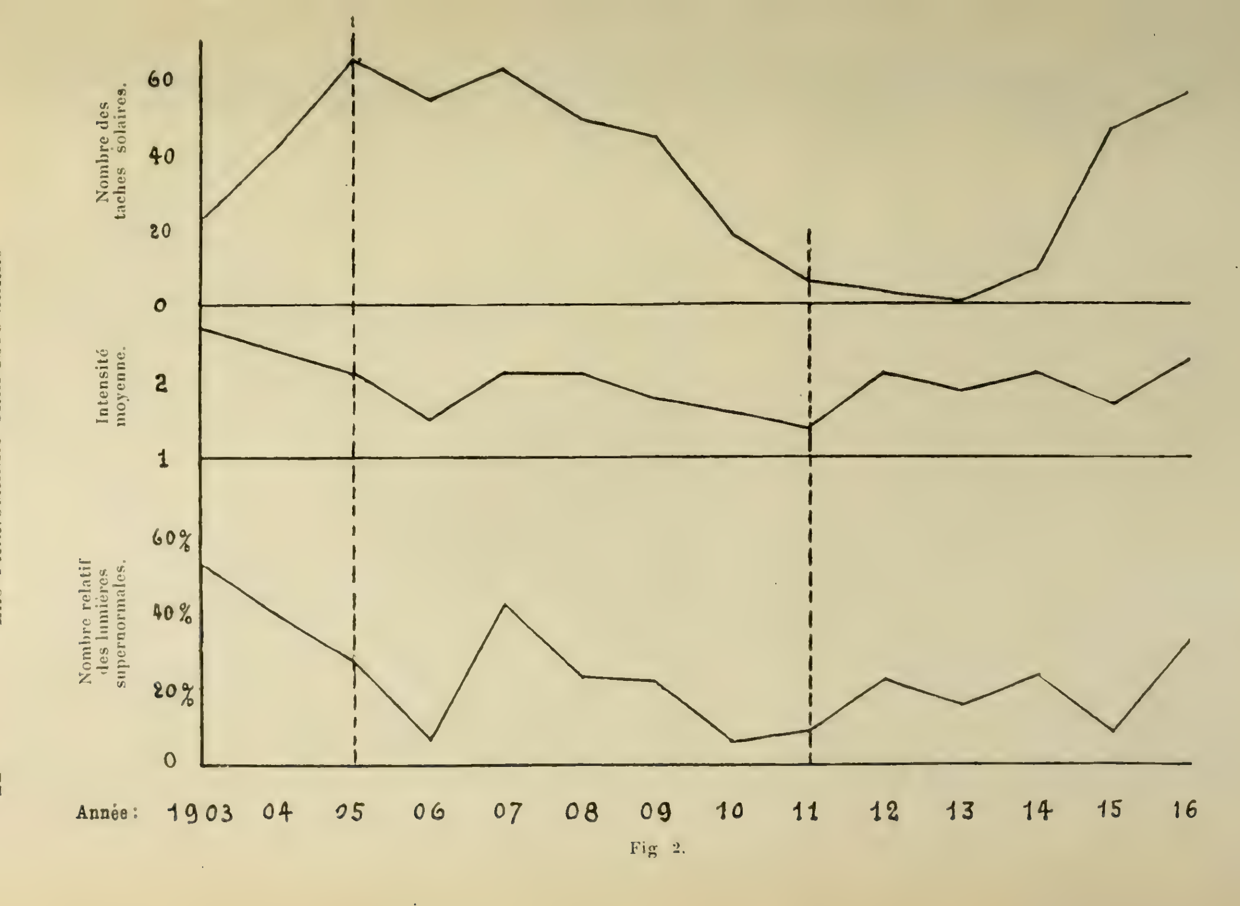

Nombre des taches solaires.
60
40
20
0
Intensité moyenne.
2
1
Nombre relatif des lumières supernormales.
60%
40%
20%
0
Année : 1903 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16

Fig. 2.

Valeurs moyennes annuelles observées a Berne.

	Dépression du soleil pour les phases : Commencement	Max. d'intensité	Fin	Intensité	Lumières supernormales en %	Nombre des lumières second.	Nombre moyen des taches solaires
	°	°	°				
1903	2,6	3,9	5,5	2,7	52	8	24
1904	2,5	3.9	5,5	2,4	39	5	42
1905	2,4	3,9	5,6	2,1	27	7	64
1906	2,2	4,0	4,9	1,5	7	0	54
1907	2,1	3,4	4,8	2,1	42	0	62
1908	2,2	3,6	5,2	2,1	23	0	49
1909	2,3	3,6	5,1	1,8	21	0	44
1910	2,5	4,0	5,1	1,6	6	0	19
1911	3,0	4,2	5,4	1,4	9	0	6
1912	2,1	3,7	5,1	2,1	22	1	4
1913	2,2	3,7	5,3	1,9	16	5	1
1914	2,1	3,8	5,3	2,1	23	0	9
1915	2,3	3,9	5,3	1,7	8	0	46
1916	2,2	3,7	5,2	2,3	32	1 ?	55
Moy. totale	2,3	3,8	5,2	2,0			

La représentation graphique, fig. 2, donne d'abord la courbe du *nombre moyen des taches solaires*, puis la courbe de *l'intensité moyenne annuelle des lumières pourprées,* enfin la courbe du *pour cent des lumières supernormales.*

En séparant la période non troublée de 1905 à 1911, il est très frappant de voir que *les trois courbes montrent pour cette période une allure semblable qui ne peut être méconnue,* tandis que pour les autres années (excepté 1916) la divergence de la courbe des taches solaires et des deux autres courbes concernant la lumière pourprée (qui s'accordent très bien entre elles deux) est excessive. Dans ces deux dernières courbes les périodes troublées de 1903 et de 1912-1914 montrent des maxima accentués qui ne se retrouvent nullement dans la courbe des taches solaires. Ce n'est qu'en 1916 que la marche devient analogue, et nous croyons utile de rappeler à ce propos qu'il est très probable, d'après les observations de M. Dorno, que le trouble atmo-

sphérique de 1916 a été causé par l'activité solaire elle-même. Avec la prudence, indispensable, qui doit accompagner des considérations de ce genre, il nous semble pourtant permis de conclure qu'*il y a un rapport indubitable entre l'activité solaire et l'intensité du développement des lumières pourprées.*

Ici des hypothèses nombreuses se présentent à l'imagination, mais nous croyons que ce n'est pas encore le moment de se décider pour l'une ou pour l'autre. Par contre nous avons fait encore un calcul qui, à vrai dire, est très hasardeux, mais donne pourtant un certain appui à notre thèse concernant le rapport avec l'activité solaire. Celle-ci ayant pour la terre une période de 26 à 27 jours, par suite de la rotation du soleil, nous avons classé toutes nos observations dans la période non troublée, de 1905-1912, d'après des périodes de 26,5 jours et nous avons formé la *somme des lumières supernormales* tombant dans chaque période sur le même jour. Ce dénombrement donne le résultat suivant :

Période de 26,5 jours :	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Nombre de lumières supernormales :	2	1	3	5	1	5	3	3	3	4	1	4	2	8

Période de 26,5 jours :	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Nombre de lumières supernormales :	5	4	6	2	3	3	1	1	1	3	2	3	1

Il semble bien que le 14me jour de cette période, ainsi que les jours avoisinants, présentent un maximum marqué, et qu'il paraît pour le moins probable que *l'intensité des lumières pourprées suit, dans une certaine mesure, la période solaire de 26,5 jours.*

Encouragés par ce résultat, nous nous sommes demandé si une influence de la *lune* pourrait aussi être constatée. Dans un second dénombrement, nous avons fait la somme des lumières supernormales pour les jours correspondant aux mêmes phases lunaires, mais seulement pour la période 1905-1912 et nous avons trouvé le résultat suivant :

	●								☽						○
Période de 29,5 jours :	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Nombre de lumières supernormales :	3	2	3	2	2	2	5	5	6	3	4	4	4	3	3

									☾						●
Période de 29,5 jours :	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Nombre de lumières supernormales :	5	2	2	2	2	1	1	0	0	0	4	1	1	1	1

Ici aussi il y a une accumulation sensible aux environs du premier quartier de la lune, qui ressort particulièrement par comparaison au minimum très marqué aux environs du dernier quartier. Il semble donc que là aussi se révèle *une certaine périodicité en relation avec les phases de la lune;* mais dans ce cas-là, il faut remarquer que cette périodicité pourrait être purement optique, étant peut-être due à l'illumination secondaire que la lune produit sur le firmament.

En résumé, nous croyons qu'il n'y a pas d'utilité à rechercher les causes profondes de ces périodicités solaires et lunaires, avant que des observations beaucoup plus nombreuses et régulières les démontrent ou les réfutent clairement. Mais nous ne voulions pourtant pas passer sous silence ces calculs qui doivent encourager les recherches statistiques dans ce domaine.

G. *La période de la lumière secondaire.* Parfois la lumière pourprée principale, dont nous avons parlé jusqu'à présent, est suivie, peu après sa disparition sous l'horizon, le soir, d'une seconde lumière toute analogue, mais plus faible, de nuance plus foncée et plus diffuse: c'est la lumière pourprée secondaire. Il ne nous a pas encore été possible de discuter toutes les observations concernant cette lumière secondaire, mais la statistique faite à leur sujet et contenue dans les deux derniers tableaux fait cependant ressortir un point essentiel que nous avons contrôlé par l'examen des résultats de tous les autres observateurs européens, pour autant que ces résultats sont parvenus à notre connaissance:

Les lumières pourprées secondaires n'apparaissent que durant des périodes de trouble atmosphérique-optique et sont directement caractéristiques pour ceux-ci. Dans nos régions, elles ne se montrent que du mois d'août au mois de février; ce n'est que pendant des troubles extrêmements forts et par un air très pur qu'elles peuvent être vues exceptionnellement au printemps ou en été. Elles possèdent aussi une période annuelle, qui est un peu différente de celle des lumières principales.

IV. — La spectrophotométrie de la lumière pourprée.

A. *Le spectre du ciel au couchant.* L'auteur a essayé parfois d'étudier le spectre des lueurs crépusculaires à travers un petit, mais très bon spectroscope de poche à vision directe; il a même obtenu quelques photographies de ce spectre, bien distinctes, mais ne donnant pas la partie essentielle, le rouge. En général il n'a rien trouvé de sensiblement neuf et il suffira d'indiquer brièvement quelques points essentiels:

Ce qui caractérise le spectre visible du ciel crépusculaire, c'est un renforcement marqué de certaines lignes telluriques, en même temps qu'un affaiblissement général des couleurs de petite longueur d'onde. En premier lieu ressortent le *groupe* α ($\lambda = 628\ \mu\mu$) dans le rouge et le *low-sun-band* (*groupe δ et α'*, λ de 567-584 $\mu\mu$) dans le jaune; en second lieu le *groupe C_1* (λ environ 653 $\mu\mu$) dans l'orange; et la *bande de pluie* de *Piazzi Smith* (λ de 585-603 $\mu\mu$) dans le jaune et enfin encore quelques groupes plus faibles dans le vert et le vert-bleu. L'apparition de ces lignes est simple à expliquer: α et low-sun-band proviennent essentiellement de l'absorption de l'oxygène atmosphérique, formant pour les rayons du soleil une courbe toujours plus longue, à mesure que celui-ci descend sous l'horizon; C_1 et la bande de pluie, par contre, révèlent l'existence de vapeurs aqueuses dans l'atmosphère et sont par là même plus variables que les autres groupes de lignes. Comme d'autres observateurs (M. Riggenbach et d'autres) l'ont déjà fait remarquer, le low-sun-band et la bande de pluie éteignent en grande partie la zone jaune du spectre, ce qui explique probablement une certaine prédominance des

nuances violettes, complémentaires, dans la lumière pourprée.

B. *La spectrophotométrie dans le rouge pour la phase initiale de la lumière pourprée.* L'auteur a déjà publié à deux reprises[1] dans les *Archives,* quelques résultats de ses recherches spectrophotométriques, ceux-ci n'ayant qu'un caractère provisoire; maintenant il nous est possible de les donner dans leur totalité.

Dans la première de ces publications nous avons décrit *le petit spectrophotomètre à main,* permettant de comparer l'intensité de la partie la plus éclairée de la lumière pourprée avec une lumière d'intensité constante, pour différentes zones du spectre de diffraction, spécialement pour le rouge d'une longueur d'onde moyenne de 640 $\mu\mu$. Des vingt-quatre séries d'observations, effectuées du 22 août 1913 au 21 mai 1914, nous avons dû en rejeter douze. Pour les douze autres, nous avons agi de la manière suivante, afin de nous débarrasser autant que possible des nombreuses causes d'erreurs de notre appareil bien imparfait et de la méthode très insuffisante : Chaque série d'observations fut représentée graphiquement, les abscisses donnant la dépression du soleil, les ordonnées l'intensité photométrique, mesurée en unité arbitraire. Les points obtenus furent reliés par une courbe continue et aussi régulière que possible; ici il faut bien relever l'arbitraire inévitable de cette méthode: en évitant tous les sauts qui auraient pu se produire dans la courbe, on risque fort de masquer ainsi des irrégularités qui ne proviennent pas d'une erreur d'observation mais qui existent bel et bien dans la nature elle-même, et ainsi il n'est pas étonnant que nos conclusions soient, à certains égards, un peu fautives en ce qui concerne la régularité de la courbe photométrique. De cette courbe, nous avons pris les points correspondant aux abscisses de $^1/_2$ en $^1/_2$ degré de dépression solaire; les valeurs ainsi obtenues ont été rapportées dans des tableaux, et ce sont elles qui sont désignées comme « intensité photométrique observée dans le rouge ». Comme ces intensités sont rapportées à l'intensité d'une lampe

[1] Gruner, P. Quelques remarques... *Arch. 1914,* vol. 37, p. 226.
Gruner, P. La photométrie de la lumière pourprée. *Arch. 1914,* vol. 38, p. 335.

à incandescence dont la constance absolue d'une soirée à l'autre n'était pas très certaine, nous n'utilisâmes pas encore ces résultats pour la discussion définitive. Afin d'éliminer si possible les erreurs d'observation, nous calculâmes pour chaque série *l'intensité photométrique réduite;* fixant arbitrairement à 100 la valeur de cette intensité pour une dépression solaire de 1°,5, nous rapportâmes les mesures photométriques à cette unité et obtînmes ainsi des résultats comparables entre eux, mais ne possédant naturellement aucune valeur absolue. Malheureusement, notre appareil affaiblissait beaucoup l'intensité de la lumière observée et, après un examen sérieux, nous nous vîmes forcés de rejeter toutes les observations dépassant une dépression solaire d'environ 3°,5; de la sorte, nos mesures ne nous donnèrent que le développement initial de la lumière pourprée, de 1°,5 à 3°,5 de dépression solaire, et la partie la plus intéressante, le maximum et le déclin de la lumière, échappa à nos investigations.

Néanmoins, certains résultats se dégagèrent immédiatement:

1° *L'intensité photométrique dans le rouge diminue très rapiment avec la dépression solaire croissante, approximativement d'après une courbe exponentielle.* La formation initiale de la lumière pourprée ne produit donc aucunement une augmentation considérable de l'intensité rouge du ciel, comme on s'y attendait, mais seulement peut-être un léger ralentissement dans sa marche descendante (à moins que, pour la raison mentionnée plus haut, p. 27, un léger accroissemunt ait échappé à notre méthode d'investigation).

2° Il paraît ressortir de nos douze observations, réparties sur des lumières pourprées d'intensité très diverse, que le degré de leur intensité maximum se révèle déjà d'avance, en ce que *la descente de la courbe photométrique (dans le rouge) pour des dépressions solaires de 1°,5 à 3°,5 est sensiblement plus lente si la lumière pourprée qui commence à peine à se développer est plus intense.* Si ces observations se confirment, on pourra donc déterminer d'avance, par photométrie, si une lumière pourprée en formation restera faible ou deviendra brillante.

Au point de vue physique, il en résulte que *ce serait la nature des couches atmosphériques, placées sous l'horizon et traversées*

par les rayons solaires, qui influerait essentiellement la coloration et l'intensité de la lumière pourprée et non les couches visibles où cette lumière se forme, soit par réflexion diffuse, soit par diffraction. Cette opinion, exprimée déjà par M. Riggenbach de Bâle, paraît être confirmée par les mesures photométriques au zénith, effectuées par M. Dorno à Davos. Selon ses indications, une prédominance du rouge dans le bleu zénithal est généralement accompagnée d'une lumière pourprée intense.

C. *La photométrie comparée dans le rouge et le vert.* La méthode que nous venons de décrire étant très imparfaite, nous entreprîmes la construction d'un appareil mieux approprié à nos besoins, construction qui nous fut rendue possible, grâce à un don très généreux du « Bernische Hochschulverein ». Nous ne ferons pas la description de cet appareil, dont nous avons déjà parlé sommairement dans notre article de novembre 1914 des *Archives*. Nous rappelons seulement qu'il nous donna la possibilité de photométrer rapidement et alternativement différentes zones du ciel : le maximum de la lumière pourprée et les parties au-dessus d'elle, à 30° et 45° de hauteur, et cela tant dans le rouge (λ = environ 655 $\mu\mu$), que dans le vert (λ = environ 535 $\mu\mu$). Cette fois nos mesures purent s'étendre jusqu'à une dépression solaire de 6°,0, c'est-à-dire jusqu'après disparition complète de la lumière pourprée ; toutefois les observations vraiment utilisables ne commencent que pour des dépressions solaires de 3°,0.

Des vingt-huit séries d'observations effectuées du 11 juin 1914 au 20 avril 1915, il n'y en eut que quatorze qui, après un examen serré, purent être acceptées comme bonnes ; par malheur il ne se trouve dans toute cette période que trois lumières supernormales et aucune d'elles ne fut très intense et ne dépassa l'intensité 3 (2 étant l'intensité moyenne, 5 le maximum cracatoësque). Les résultats furent traités de la même manière que ceux du paragraphe précédent, les irrégularités furent égalisées autant que possible (peut-être trop!) et de ces courbes égalisées, nommées « intensités observées », furent déduites les « intensités photométriques réduites », rapportées à la valeur 100, correspondant cette fois à une dépression solaire de 3°,0. Pour chaque soirée, les observations visuelles de l'intensité (échelle

de 1-5), telle qu'elle se présente à l'œil de l'observateur, furent aussi représentées graphiquement et comparées aux courbes photométriques. Il va sans dire que l'allure de la courbe photométrique observée et de l'intensité visuelle diffèrent complètement, la première étant une courbe plus ou moins exponentielle, descendant rapidement avec la dépression solaire, la seconde ayant quelque peu une forme parabolique avec un maximum entre 3°,5 et 4° de dépression solaire.

Mais la ressemblance des courbes devient tout à coup très frappante si l'on forme le *rapport* des intensités photométriques observées dans le rouge et dans le vert ; et même les valeurs numériques de cette courbe, multipliées par cinq, correspondent, à une demie ou une unité entière près, assez bien avec la courbe de l'intensité visuelle. Ainsi nous croyons avoir trouvé un résultat important que l'on peut formuler comme suit :

Le rapport des intensités photométriques observées du rouge au vert est bien caractéristique pour le développement de l'intensité de la lumière pourprée telle qu'elle se présente à l'œil nu.

L'exemple suivant, que nous avons aussi représenté graphiquement, permettra de juger de la justesse de notre assertion.

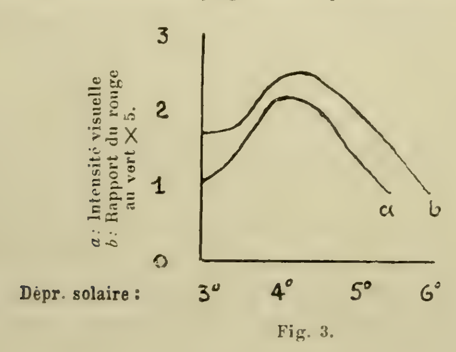


Fig. 3.

Observation du 8 octobre 1914.

Dépression solaire :		3°,0	3°,5	4°,0	4°,5	5°0	5°,5	6°,0
Intensité photomé-	rouge :	100	63	37	19	9	4	1,5
trique observée.	vert :	300(?)	180	76	39	22	13	8
Rapport : $\frac{\text{rouge}}{\text{vert}} \times 5$:		1,7	1,8	2,4	2,4	2,0	1,5	0,9
Intensité visuelle :		1,0	1,5	2,1	2,0	1,4	0,9	0,0

Si cette conclusion se confirme, les mesures photométriques dans le rouge et le vert permettront d'atteindre un but très désirable de *fixer objectivement le développement visuel de la lumière pourprée.*

Nos mesures, s'étendant sur les régions voisines de la lumière pourprée, doivent aussi rendre compte de l'*effet de contraste* qui se produit entre la zone pourprée et le ciel ambiant. Ce contraste semble bien être réel, mais pourtant il est beaucoup moins accentué que nous ne l'avions cru au premier abord. Par contre ces mesures, trop peu nombreuses dans ce domaine, paraissent indiquer la marche suivante :

Le rapport du rouge au vert au ciel du couchant, durant le développement de la lumière pourprée, semble augmenter à mesure que la partie du ciel observée est située plus près de l'horizon. Ce rapport augmente et puis diminue pendant que le soleil descend de 3° à 5° sous l'horizon, et le maximum de cette courbe s'aplatit à mesure que la partie du ciel observée s'élève, — au zénith le maximum est imperceptible.

Ces résultats ressortent surtout de la comparaison suivante qui, à vrai dire, ne contient que des observations isolées et peut-être pas toutes comparables.

Le rapport du rouge au vert multiplié par cinq a donné les valeurs suivantes :

Le 30 juin 1914, au zénith, pour une dépression solaire de 3°, *plus petit que un,* puis diminue.

Le 26 novembre 1914, à 45° de hauteur, pour une dépression solaire de 5°, *presque un,* puis diminue.

Le 26 novembre 1914, à 30° de hauteur, pour une dépression solaire de 5°, *presque deux,* puis diminue.

Le 26 novembre 1914, à 15° de hauteur, pour une dépression solaire de 5°, *presque trois,* puis diminue rapidement.

Le 20 avril 1915, à 3° de hauteur, pour une dépression solaire de 5°, *presque sept,* puis diminue très vite.

Afin d'obtenir des résultats généraux, nous avons formé les moyennes de la manière suivante : moyenne des intensités photométriques réduites dans le rouge et dans le vert et moyenne de leur rapport, et cela pour les trois meilleures observations de lumières pourprées sous-normales, les trois de lumières nor-

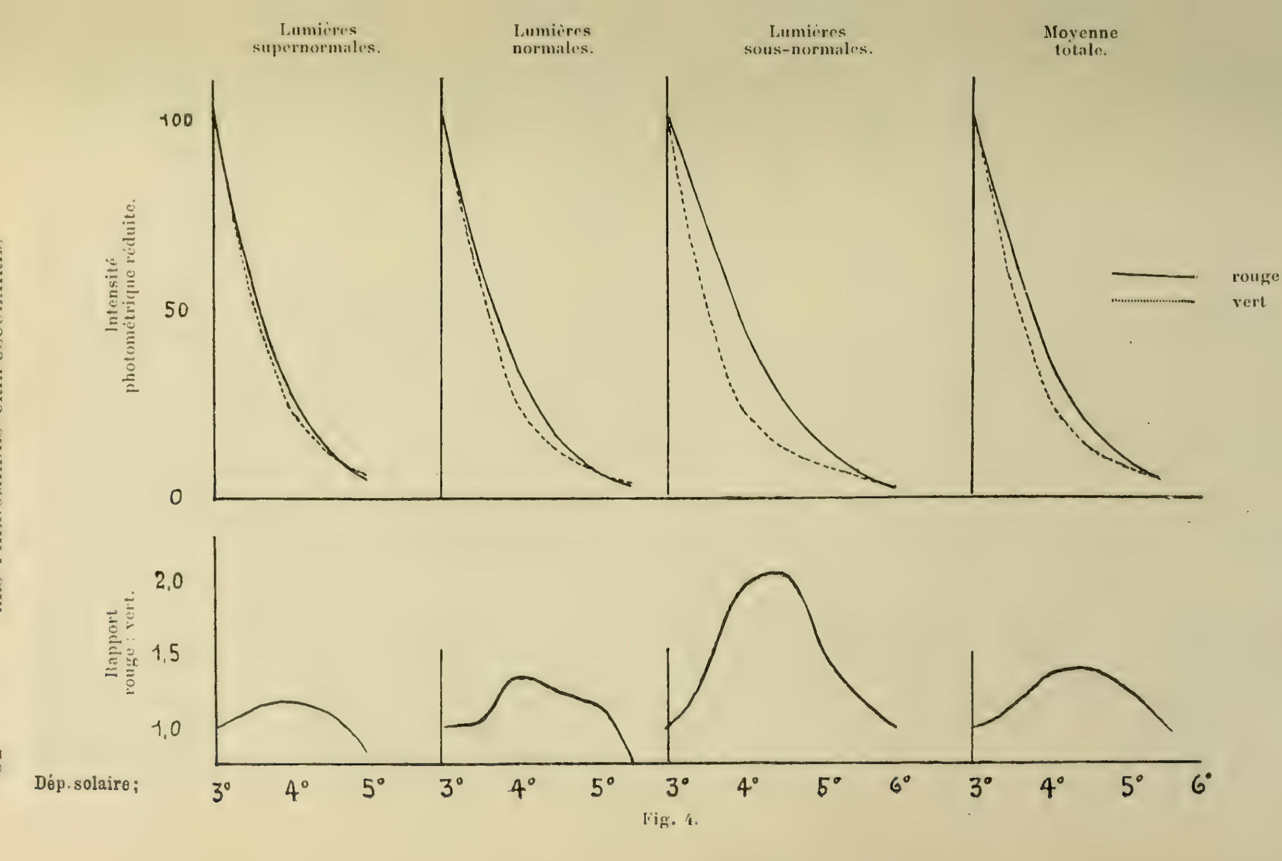

Lumières
supernormales.
Lumières
normales.
Lumières
sous-normales.
Moyenne
totale.
Intensité
photométrique réduite.
100
50
0
rouge
vert
Rapport
rouge : vert.
2,0
1,5
1,0
Dép. solaire ;
3° 4° 5° 3° 4° 5° 3° 4° 5° 6° 3° 4° 5° 6°

Fig. 4.

males et les trois de lumières supernormales, enfin, de l'ensemble des quatorze observations. Nous donnons ci-après ces moyennes qui sont aussi représentées graphiquement à la p. 32.

Moyenne des lumières sous-normales.

Dépression solaire :		3°,0	3°,5	4°,0	4°,5	5°,0
Intensité photométrique réduite	rouge :	100	58	28	13	5
	vert :	100	52	24	12	6
Rapport rouge : vert :		1,00	1,11	1,16	1,08	0,83

Moyenne des lumières normales.

Dépression solaire :		3°.0	3°,5	4°.0	4°,5	5°,0	5°.5
Intensité photométrique réduite	rouge :	100	61	33	16	8	3
	vert :	100	60	25	13	7	4
Rapport rouge : vert :		1,00	1,02	1,32	1,23	1,14	0,75

Moyenne des lumières supernormales.

Dépression solaire :		3°.0	3°,5	4°,0	4°,5	5°,0	5°.5	6°,0
Intensité photométrique réduite	rouge :	100	73	44	26	14	7	3
	vert :	100	54	23	13	9	6	3
Rapport rouge : vert :		1,00	1,35	1,91	2,00	1,55	1,17	1,00

Moyenne des quatorze lumières pourprées.

Dépression solaire :		3°,0	3°,5	4°,0	4°,5	5°,0	5°,5
Intensité photométrique réduite	rouge :	100	64	36	19	10	5
						(14 observations)	
	vert :	100	57	27	14	8	5
					(seulement 5 observ.)		
Rapport rouge : vert :		1,00	1,12	1,34	1,36	1,25	1,00

Ces résultats font immédiatement ressortir que les courbes donnant le rapport du rouge au vert permettent, par un simple coup d'œil, de déterminer si la lumière observée est d'intensité sous-normale, normale ou supernormale.

Quant aux courbes donnant les intensités réduites, on entrevoit de même immédiatement, qu'à mesure que la lumière pourprée devient plus intense, la courbe rouge descend moins

rapidement, tandis que la courbe verte reste presque invariablement la même, suivant assez nettement une allure exponentielle.

On pourrait donc conclure que la photométrie dans le vert nous donne en général l'intensité totale du ciel, diminuant régulièrement avec l'abaissement du soleil, tandis que le rouge donne la coloration que les rayons solaires ont obtenue en traversant les couches atmosphériques au-dessous de l'horizon, coloration qui peut beaucoup varier et par suite produire des phénomènes crépusculaires pourprés d'intensité très variable.

D. *La spectrophotométrie totale.* En adaptant notre spectrophotomètre à main au nouvel appareil monté sur le théodolite,

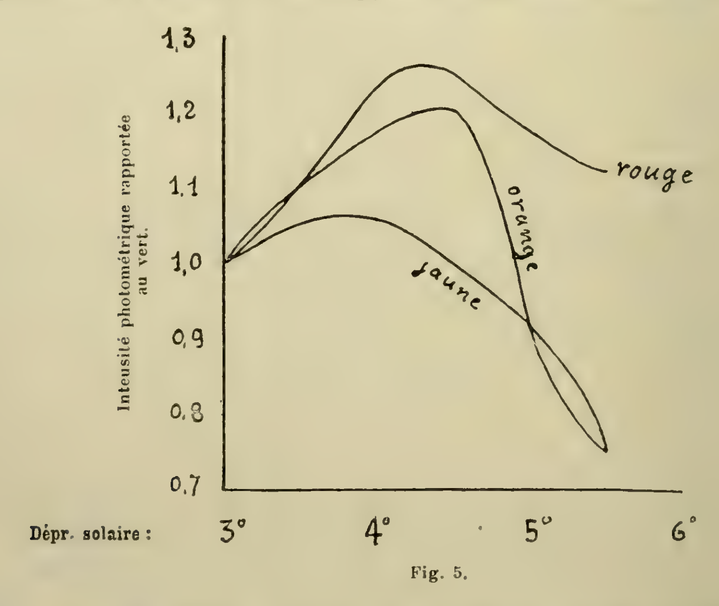


Fig. 5.

il nous devint possible d'étudier les colorations crépusculaires successivement dans 6 parties équidistantes du spectre : dans le rouge ($\lambda = 645\ \mu\mu$), l'orange ($\lambda = 605\ \mu\mu$), le jaune ($\lambda = 565\ \mu\mu$), le vert ($\lambda = 525\ \mu\mu$), le vert-bleu ($\lambda = 485\ \mu\mu$) et le bleu ($\lambda = 445\ \mu\mu$). Ces mesures étaient bien délicates et pénibles à exécuter et ne réussirent qu'après maints essais infructueux, du 24 mai au 23 septembre 1915. Ici aussi il ne resta, des 14 séries d'observations, que 7 quelque peu valables, mais même pour celles-

ci, l'exactitude est encore très peu satisfaisante et les mesures dans le vert-bleu et le bleu ont dû être rejetées définitivement.

La méthode employée pour la discussion des résultats fut la même que dans les cas précédents. Nous ne donnons que les valeurs moyennes des 5 observations les plus complètes, qui, malgré cette réduction, doivent être considérées comme un résultat purement approximatif.

Dépress. solaire	Intensité photométrique réduite.				Rapport des intensités au vert.		
	Rouge	Orange	Jaune	Vert	Rouge	Orange	Jaune
°							
3,0	100	100	100	100	1,00	1,00	1,00
3,5	66	66	63	60	1,10	1,10	1,85
4,0	43	41	37	35	1,23	1,17	1,06
4,5	25	24	29	20	1,25	1,20	1,00
5,0	14	11	11	12	1,17	0,92	0,92
5,5	9	6	6	8	1,12	0,75	0,75

Le tableau des rapports, ainsi que leur représentation graphique, (fig. 5, p. 34), confirme le résultat précédent, c'est-à-dire que *le rapport du rouge au vert donne l'allure générale de la courbe de l'intensité visuelle de la lumière pourprée.* Pour l'orange et le jaune cette allure est déjà modifiée, et l'on pourrait se demander si la descente si rapide, au-dessous du vert, ne serait pas causée par la forte absorption des lignes telluriques du spectre (voir page 27).

Nous n'insistons pas davantage sur ces derniers résultats de notre spectrophotométrie, parce que ces observations sont sujettes à trop d'erreurs et qu'il ne nous a pas été possible jusqu'à ce jour de perfectionner notre appareil et notre méthode comme nous le projetons.

E. *Observation de M. Dorno du 26 novembre 1916.* A titre de comparaison nous nous permettons ici une petite digression, en introduisant dans le résumé de nos travaux une belle observation qui n'en fait pas partie, mais que M. Dorno a bien voulu nous communiquer aimablement, longtemps après la clôture définitive de nos propres recherches. Il est vrai qu'il ne s'agit que d'une observation unique, faite sur une partie du ciel à 30° au-dessus de l'horizon (donc, probablement, au-dessus du

maximum de la lumière pourprée), dans le « vert » et le « rouge » qui vraisemblablement ne correspondent pas exactement à notre « vert » et « rouge » ; mais cette observation, faite dans l'air pur de Davos, pour une lumière pourprée très intense (intensité 4!) et avec un excellent photomètre de Weber, a été effectuée dans des conditions beaucoup plus favorables que toutes les nôtres et mérite donc une attention spéciale.

Nous donnons ici les résultats de M. Dorno, calculés en intensité réduite, comme nous l'avons fait pour nos propres observations, ainsi que le rapport des intensités observées du rouge et du vert (multiplié par cinq) :

Dépression solaire :		2°,8	3°,3	3°,6	4°,2	4°,4	4°,5	5°,2
Intensité photométrique réduite	vert :	107,9	76,8	48,0	50,0	43,6	32,6	8,1
	rouge :	112,5	81,0	56,2	81,0	68,2	43,5	6,1
Rapport rouge : vert (observé, multiplié par 5) :		1,82	1,98	2,21	3,04	2,93	2,43	1,43

Ce tableau confirme nos conclusions principales : *Le rapport du rouge au vert donne la mesure du caractère visuel de la lumière pourprée.* En général l'intensité, tant dans le vert que dans le rouge, descend ici rapidement aussi avec la dépression du soleil. Mais sur un point il y a discordance avec nos observations : pendant le développement du maximum de la lumière pourprée, de 3°,6 à 4°,4 de dépression solaire, il y a un rehaussement de l'intensité, faible pour le vert, mais bien marqué pour le rouge. — Il ne nous semble pas difficile d'expliquer cette discordance : nous avons déjà rappelé que nos observations avaient été dépouillées autant que possible de toutes irrégularités, afin d'éliminer les causes d'erreurs, mais que par là des irrégularités véritables disparaissaient aussi. Ajoutant à ce fait que les mesures de M. Dorno se rapportent à une très belle lumière pourprée et dépassent de beaucoup les nôtres en exactitude, nous pouvons conclure avec assez de certitude que l'intensité du ciel, au moment du maximum de la lumière pourprée, montre une légère augmentation qui peut être mesurée avec de très bons instruments et qui sera d'autant plus sensible que la lumière sera plus intense. — Que ce rehaussement ne se montre pas seulement dans le rouge, mais à un très faible degré aussi

dans le vert, confirmerait notre manière de voir, d'après laquelle la lumière pourprée se forme par réflexion diffuse des rayons solaires, et ne se réduit pas seulement au rouge, mais s'étend encore aux autres couleurs spectrales.

F. *Conclusions générales des observations photométriques.* Nous résumons rapidement notre exposé précédent :

1. *Pour des dépressions solaires de 3° à 6°, l'intensité du vert dans le ciel coloré par la lumière pourprée diminue assez régulièrement, ne montrant peut-être qu'un faible rehaussement, pendant le maximum d'une lumière très intense.* En prenant les dépressions solaires comme abscisses et les intensités photométriques comme ordonnées, on obtient en moyenne une courbe exponentielle.

2. *L'intensité du rouge diminue d'abord moins rapidement que le vert, plus tard de nouveau plus rapidement. Ce ralentissement peut, pour des lumières très intenses, se transformer en un rehaussement passager sensible, pendant le développement maximum de la lumière pourprée.*

Ce ralentissement initial se manifeste généralement déjà avant la formation de la lumière pourprée et est en rapport direct avec l'intensité visuelle de celle-ci. Cette marche de la coloration rouge ne se montre pas seulement dans la lumière pourprée, mais aussi dans les parties du ciel plus élevées.

3. *Le rapport de l'intensité du rouge au vert en fonction de la dépression solaire possède en général une marche toute analogue à celle de l'intensité visuelle de la lumière pourprée, ayant un maximum à environ 4° de dépression solaire.*

Ce rapport montre une marche semblable pour toutes les parties du ciel occidental, et sa valeur augmente à mesure que cette partie est plus près de l'horizon.

Le rapport de l'intensité de l'orange ou du jaune au vert correspond à peu près à celui du rouge au vert, mais il devient plus faible et il semble que, bientôt après le maximum, les intensités de l'orange et du jaune diminuent plus rapidement que celle du vert. *(A suivre).*

SUR LA PERMÉABILITÉ DU PROTOPLASME VIVANT
POUR QUELQUES SELS

PAR

Arthur TROENDLE

(Avec 4 fig.)

Introduction.

Les travaux botaniques traitant de la perméabilité des cellules végétales pour les substances dissoutes ne nous renseignent que d'une manière peu satisfaisante sur l'absorption des sels. Pourtant c'est parmi eux qu'on trouve quelques-unes de ces substances qui, étant des substances nutritives, jouent un rôle fondamental dans tout organisme végétal.

Les recherches classiques de Hugo de Vries (1884), entreprises selon la méthode plasmolytique, semblaient prouver que le protoplasme est imperméable pour les sels, au moins durant la plasmolyse. Mais, d'autre part, on savait par l'analyse chimique que ces sels étaient bien contenus dans le suc cellulaire et l'on était forcé ainsi d'admettre que le protoplasme laissait entrer, selon les circonstances extérieures ou intérieures, des quantités plus ou moins grandes de sels.

Dès lors, les recherches de différents auteurs nous ont appris que la prétendue imperméabilité du protoplasme pour les sels n'existe pas et que ceux-ci, même lorsque le protoplasme est plasmolysé, peuvent pénétrer dans le suc cellulaire à travers le protoplasme.

Quant au mécanisme de la perméabilité, Overton (1895, 1896, 1899, 1900) a émis cette hypothèse féconde, bien connue du reste, que c'est la solubilité dans les lipoïdes (lécithine, cholestérine, etc.) qui domine l'entrée des substances dissoutes dans

le protoplasme. Les sels étant insolubles dans ces corps, Overton était amené à postuler une fonction physiologique spéciale, qui permettait au protoplasme d'absorber les sels. Ce sont des idées, dont on trouve déjà les ébauches chez Pfeffer (1888), suivi plus tard par Nathansohn (1904).

Récemment, dans un travail fort intéressant, traitant de la perméabilité pour les couleurs d'aniline, Ruhland (1912) arrive à la conclusion que le protoplasme fonctionne vis-à-vis de ces substances comme un ultrafiltre, en ce sens qu'au-dessus d'une certaine grandeur des particules dissoutes, la pénétration en était impossible. Par le fait que les solutions des couleurs d'aniline sont des solutions colloïdales, l'hypothèse de Ruhland exclut les vraies solutions des corps cristallins, car dans ceux-ci, comme nous le savons, ce n'est point la grandeur des particules, des molécules, qui fonctionne comme facteur limitatif d'entrée.

De nouvelles recherches sur la perméabilité pour les sels paraissent donc justifiées. Il y a là vraiment une lacune à combler.

1. — Objets et méthodes.

Toute recherche quantitative ayant pour but de tracer l'allure générale de la pénétration des sels est grandement facilitée, si les cellules laissent entrer dans un temps assez court une quantité assez notable de sel. Un séjour trop long dans des solutions pures, non physiologiquement balancées, même de sels nutritifs, finit par empoisonner les cellules (Osterhout 1906, 1908, 1909). Une faible perméabilité présente donc ces deux inconvénients : d'une part, l'évaluation de la quantité de sel absorbée perd de sa sûreté et, d'autre part, le long séjour dans les solutions peut intervenir de la manière la plus fatale.

C'est pour ces raisons que je ne me suis pas servi des cellules épidermiques de la feuille de *Tradescantia (Rhœo) discolor,* si vantées par Fitting (1915, p. 9), mais dont la minime perméabilité avaient déjà été mise en pleine lumière par les recherches de Hugo de Vries (1884), bien connues de tout botaniste. J'ai donc opéré sur les cellules palissadiques, douées d'une assez grande perméabilité pour le chlorure de sodium (Troendle, 1910), des feuilles d'*Acer platanoïdes* et de *Salix babylonica.* Mais

même ces objets ne peuvent être comparés, en aucune mesure, au tissu embryonnaire de la jeune racine de *Lupinus albus,* pris toujours entre 2 à 3 millimètres en arrière de l'extrémité. Dans cette région, les cellules sont encore dans un état tout à fait embryonnaire et remplies presque complètement de protoplasme. La différenciation des tissus est à peine commencée ; pourtant le péricycle est déjà nettement marqué par ses cellules un peu plus grandes et allongées dans le sens radial. L'allongement longitudinal des cellules n'ayant pas encore commencé, il m'a semblé préférable de pratiquer des coupes transversales.

Les semences sèches sont placées dans de l'eau pendant vingt-quatre heures pour les faire gonfler, puis, débarrassées de leur tégument et mises dans de la sciure de bois humide. Les racines y poussent très bien, atteignent, à une température de 18-20° la longueur voulue au bout de deux à trois jours.

Pour déterminer la quantité de sel absorbée par la cellule dans un temps connu, je me suis servi de la méthode plasmolytique employée, en principe, de la même manière que Fitting (1915). On prépare donc une solution principale du sel à examiner, solution qui sert ensuite à fabriquer toute une série de dilutions à différence de concentration égale et constante. Avant de commencer l'expérience, on verse à peu près 3 centimètres cubes des différentes solutions dans de petits godets ; on y plonge les coupes et au bout du temps voulu, on détermine la concentration plasmolysante ; par cela, j'entends comme on le fait d'habitude, la concentration dans laquelle à peu près la moitié des cellules est plasmolysée.

Maintenant, deux cas peuvent se présenter : ou bien le protoplasme est imperméable pour la substance dissoute, ou bien il la laisse pénétrer. Dans le premier cas, la concentration plasmolysante reste inaltérée aussi longtemps que nous laissons les coupes plongées dans les solutions. Dans le second cas, au contraire, les choses se passent autrement. En effet, si la substance dissoute pénètre, les cellules, après un certain temps, seront déplasmolysées ; évidemment, la déplasmolyse commence dans les solutions les moins concentrées et met d'autant plus de temps que la concentration est plus grande. On remarquera ainsi que la concentration plasmolysante augmente avec la durée du

séjour dans les solutions. Si, par exemple, nous trouvons la concentration plasmolysante être égale, après 5 minutes, à une concentration de 0,5 mol[1] et après 10 minutes à 1 mol, cela veut dire que pendant les 5 minutes écoulées entre le premier et le second examen des coupes, une quantité de 0,5 mol a été absorbée.

En procédant ainsi, on arrive à déterminer d'une manière exacte la vitesse de pénétration du sel et ses variations possibles, c'est-à-dire la quantité de substance absorbée par minute. Mais il y a là encore un point fondamental qu'on ne peut pas négliger: il nous faut des chiffres sûrs des concentrations plasmolysantes. Vu la variabilité individuelle qui est un des caractères les plus saillants des organismes, c'est par les seules méthodes biométriques que nous pouvons atteindre notre but d'une manière satisfaisante (Voir aussi Troendle, 1915).

Dans ce qui suit, nous traiterons d'abord de la marche générale de l'absorption des sels, tandis qu'un second chapitre s'occupera des différences de vitesse de pénétration caractérisant les différents sels.

II. — L'allure générale de l'absorption des sels.

Citons d'abord, à titre de comparaison, un exemple où la substance dissoute n'est pas absorbée.

Lupinus albus, racine, région entre le 2me et le 3me millimètre en arrière de l'extrémité. Substance plasmolysante : Saccharose. Différence de concentration des solutions : 0,05 mol[2].

Durée de séjour dans les solutions	Température	Longueur des racines	Concentrations plasmolysantes[3]		
			Ecorce extérieure	Ecorce moyenne	Péricycle
2 min.	16-17,5°	15-27 mm.	0,159 mol	0,222 mol	0,165 mol
2 »	18-18,5	20-22	0,171	0,212	0,171
5 »	18-19	10-18	0,175	0,240	0,193
5 »	18-19	11-30	0,209	0,250	0,221
10 »	19	12-25	0,175	0,228	0,187
20 »	19-20	20-43	0,171	0,237	0,196
30 »	16,5-18	25-40	0,197	0,250	0,184
30 »	—	12-21	0,160	0,239	0,207
	Moyennes :		0,177	0,234	0,190

[1] Abréviation pour molécule-gramme.
[2] Il s'agit toujours de concentration d'après Arrhenius.
[3] Moyennes de 8 racines.

Les quelques variations des concentrations plasmolysantes, dues à la variabilité du matériel, sont tout à fait irrégulières.

Si maintenant nous passons aux sels, cela n'est plus le cas.

Lupinus albus, 1916. racine, Parenchyme de l'écorce moyenne et intérieure, entre le 2[me] et le 3[me] millimètre en arrière de l'extrémité.

Substance plasmolysante : KCl. Température : 16-20°. Longueur des racines : 8-30 millimètres.

Concentrations plasmolysantes :	Durée de séjour dans les solutions plasmolysantes : 2	5	10	15 minutes	20	30	40
0,25 mol	3[1]						
0,35	11						
0,45	5						
0,55	13	1					
0,65		10					
0,75		5					
0,85		6					
0.95		2	2				
1,05			3				
1,15			3				
1,25			7	1			
1,35			8	3			
1,45			1	6			
1,55				1	3		
1,65				4	2		
1,75				5	3		
1,85				4	5	1	
1,95					7	3	
2,05					2	5	
2,15					2	4	2
2,25						3	4
2.35						3	5
2,45						4	1
2,55						0	2
2,65						1	4
2.75							6
Moyennes de concentrations plasmolysantes . . . . . (mol)	0,437	0.741	1,229	1,595	1,854	2,195	2,489
Erreur moyenne .	±0,018	±0,022	±0.027	±0,037	±0,035	±0,039	±0,043
Index de variabilité (σ)	0,105	0,107	0,135	0,184	0,172	0,191	0,211
Quantité absorbée par minute . . . . (mol)		0,101	0,097	0,073	0,052	0,034	0,029

[1] Ces chiffres indiquent les fréquences.

Dans le graphique de la fig. 1, j'ai représenté ce résultat en portant en abcisses la durée de séjour dans les solutions et en

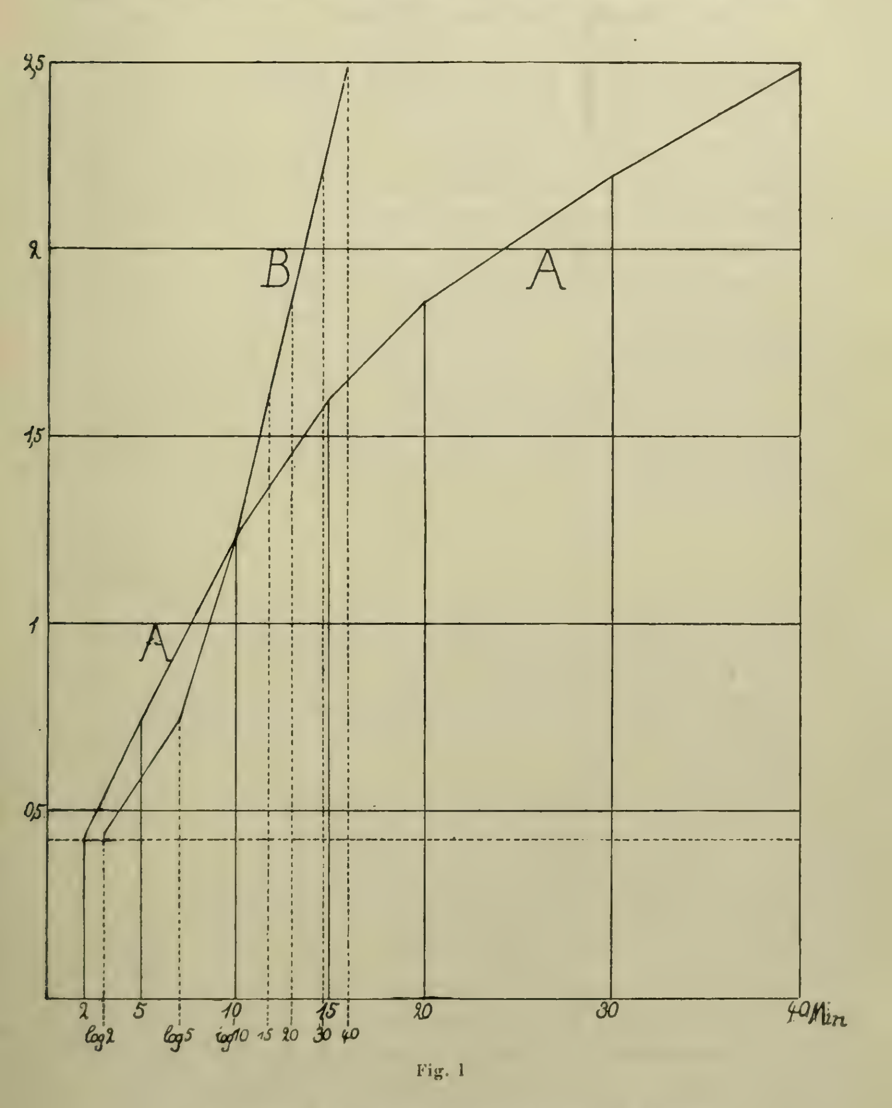


Fig. 1

Absorption de KCl par les cellules de l'écorce de la racine de Lupinus albus (2 à 3 millimètres en arrière de l'extrémité).
Courbe A : abscisses : durée de séjour dans les solutions. Ordonnées : concentrations plasmolysantes.
Courbe B : abscisses : logarithmes de la durée de séjour dans les solutions. Ordonnées : concentrations plasmolysantes.

ordonnées les concentrations plasmolysantes. Celles-ci augmentent beaucoup avec le temps.

Si nous comparons les quantités absorbées par minute, nous voyons que jusqu'à 10 minutes et jusqu'à une concentration de 1,229 mol, la vitesse d'entrée est restée sensiblement la même. Dans le graphique, cela s'exprime par le fait que la courbe est rectiligne jusqu'à 10 minutes. Après ce temps la vitesse se ralentit de plus en plus, la courbe s'incline de plus en plus vers l'abscisse. Par ce fait nous pouvons diviser la courbe en deux parties que nous allons étudier séparément.

Dans la première partie, il y a proportionnalité entre le temps et la concentration, tandis que dans la seconde partie, il y a proportionnalité entre le logarithme du temps et la concentration. Cela, nous le voyons immédiatement si nous portons en abscisses les logarithmes du temps et en ordonnées les concentrations, (fig. 1, courbe B). Cette seconde partie de la courbe obéit donc à la formule:

$$\frac{c' - c}{\log t' - \log t} = n ,$$

c étant la concentration plasmolysante après 10 minutes, c' une concentration quelconque, $\log t = \log 10$, et $\log t' =$ le logarithme d'un temps quelconque autre que 10 minutes.

En calculant n par cette formule, nous arrivons aux chiffres suivants :

Entre :	n est égal à
10-15 minutes	2,079
10-20 »	2,076
10-30 »	2,025
10-40 »	2,089
Moyenne	2,067

Si maintenant nous calculons les concentrations plasmolysantes en nous servant de notre formule et en posant :

$$c = 1{,}229$$
$$n = 2{,}067$$
$$\log t = \log 10$$

nous obtenons :

Temps	2^m	5^m	10^m	15^m	20^m	30^m	40^m
Conc. calc. :	−0,215	0,605	1,229	1,592	1,851	2,214	2,473 mol
» trouv. :	0,437	0,741	1,229	1.595	1,854	2,195	2,487

Ce résultat confirme ce que le graphique nous a enseigné, qu'à partir de 10 minutes il y a proportionnalité entre le logarithme du temps et la concentration.

Des expériences portant sur l'*Acer platanoïdes* et le *Salix babylonica* ont abouti au même résultat. Nous faisons suivre les chiffres de ces expériences.

Acer platanoïdes, Cellules palissadiques de la feuille.
(1916) Substance plasmolysante : NaCl.

Concentrations plasmolysantes	Durée de séjour dans les solutions : 2	5	10	15 minutes	20	30	50
0,475 mole	6						
0,525	8	2					
0,575	4	11					
0,625		5	4	1			
0,675			7	2	1		
0,725			7	6	2		
0,775				9	7	3	
0,825					8	8	2
0,875						6	7
0,925						1	7
0.975							2
Moyennes des concentrations plasmolysantes	0,520	0,583	0,683	0.738 mol	0,786	0,838	0,900
Erreur moyenne	±0,0087	±0,0071	±0,0090	±0.0100	±0,0100	±0,0094	±0,0098
Index de variabilité (σ) . .	0,0369	0,0304	0,0382	0,0435	0,0427	0.0402	0,0416
Quantité absorbée par minute	0,0210	0,0200	0,0110	0,0096 mol	0,0052	0,0031	

Il y a là proportionnalité entre la concentration et le temps jusqu'à 10 minutes et ce n'est qu'à partir de ce temps que la vitesse de pénétration commence à diminuer (fig. 2).

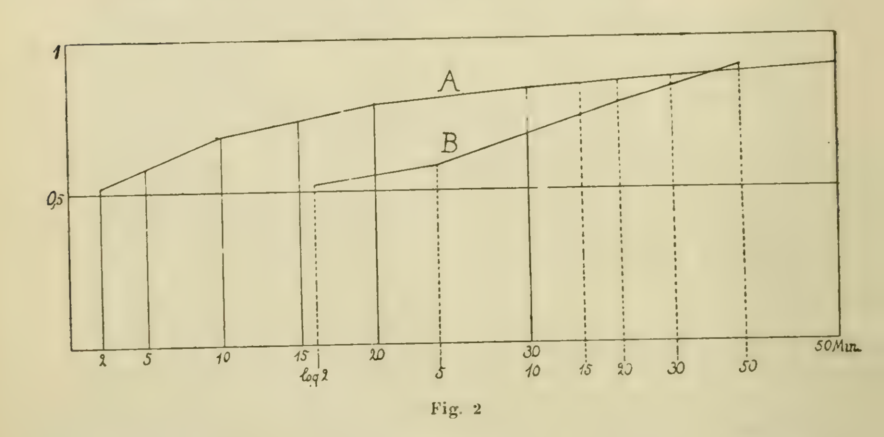


Fig. 2

Absorption de NaCl par les cellules palissadiques de la feuille de l'Acer platanoïdes.
Courbe A : abscisses : durée de séjour dans les solutions.
Ordonnées : concentrations plasmolysantes.
Courbe B : abscisses : logarithmes de la durée de séjour dans les solutions.
Ordonnées : concentrations plasmolysantes.

En procédant de la manière exposée plus haut et en posant $c = 0{,}698$ et $\log t = \log 5$, nous obtenons :

Entre :		n est égal à
5-10	minutes	0,331
5-15	»	0,324
5-20	»	0,336
5-30	»	0,327
5-50	»	0,317
	Moyenne	0,327

Les chiffres suivants montrent la concordance entre les concentrations trouvées et les concentration calculées à l'aide de la formule, après y avoir posé

$$c = 0{,}583 \text{ , } \log t = \log 5 \quad \text{et} \quad n = 0{,}327$$

Temps :	5m	10m	15m	20m	30m	50m	
Concent. calc. :	0,583	0,681	0,739	0,780	0,837	0,910	mol
» trouv. :	0,583	0,683	0,738	0,786	0,838	0,900	

Salix babylonica, Cellules palissadiques de la feuille.
(1917) Substance plasmolysante : NaCl.

Concentrations plasmolysantes	Durée de séjour dans les solutions : 2	5	10	20	30	40 minutes
0,4750 mole	1					
0,4875	1	1				
0,5000	1	0	1	1		
0,5125	1	1	0	0		
0,5250	2	0	0	0		1
0,5375	1	1	0	0	1	0
0,5500	4	3	0	0	0	0
0,5625	15	2	1	1	0	0
0,5750	10	5	2	1	0	0
0,5875	10	7	3	2	1	1
0,6000	8	7	3	0	0	0
0,6125	8	9	5	2	0	1
0,6250	2	7	3	4	3	0
0,6375	4	10	6	3	4	0
0,6500	0	8	4	2	1	2
0,6625	2	1	10	2	2	7
0,6750		2	6	6	2	3
0,6875		5	6	5	6	1
0,7000		0	1	2	3	0
0,7125		1	10	8	4	5
0,7250			4	8	4	2
0,7375			2	6	5	5
0,7500			2	3	9	3
0,7625			0	5	9	5
0,7750			0	5	2	6
0,7875			1	2	5	9
0,8000				1	5	4
0,8125				1	3	8
0,8250					1	6
0,8375						0
0,8500						1
Moyennes des concentrations plasmolysantes	0,5807	0,6160	0,6632	0,7001	0,7271	0,7482 mol
Erreurs moyennes . . .	±0,0042	±0,0050	±0,0062	±0,0074	±0,0071	±0,0078
Index de variabilité (σ) . .	0,0358	0,0425	0,0521	0,0620	0,0595	0,0656
Quantité absorbée par minute		0,0117	0,0094	0,0036	0,0027	0,0021 mol

Entre :	n est égal à
5-10 minutes	0,156
5-20 »	0,139
5-30 »	0,142
5-40 »	0,146
Moyenne	0,145

En posant dans la formule $n = 0{,}145$, $c = 0{,}6160$ et $\log t = \log 5$, nous obtenons :

Temps	5m	10m	20m	30m	40m
Conc. calculées :	0,616	0,659	0,703	0,729	0,747 mol
» trouvées :	0,616	0,663	0,700	0,727	0,748

Enfin, mentionnons une dernière série d'expériences aboutissant au même résultat, mais dont la sécurité statistique est si petite que, si la série était prise isolément, elle ne pourrait pas servir de preuve de ce que nous venons d'établir.

Lupinus albus, Racine. Région entre le 2me et le 3me millimètre en arrière de l'extrémité : Péricyle.
Substance plasmolysante : $Ca(NO_3)_2$.

Concentrations plasmolysantes	Durée de séjour dans les solutions : 2	5	10	20 minutes	30	40	60
0,050 mol		2	1				
0,055	2	5	8	1			1
0,060	6	3	2	3	4	3	2
0,065	2	4	1	3	1	1	2
0,070	4	2	3	4	3	3	2
0,075			0	4	0	2	1
0,080			1	0	8	2	2
0,085				1		4	2
0,090						1	0
0,095							1
0,100							2
0,105							0
0,110							1
Moyennes des concentrations plasmolysantes	0,0628	0,0596	0,0603	0,0684 mol	0,0721	0,0746	0,0784
Erreurs moyennes . . .	±0,0014	±0,0015	±0,0019	±0,0018	±0,0021	±0,0024	±0,0039
Index de variabilité (σ). .	0,0052	0,0062	0,0079	0,0074	0,0084	0,0097	0,0158
Quantité absorbée par minute	0,0081	0,0037	0,0025 mol	0,0019			

La vitesse de pénétration du $Ca(NO_3)_2$ est beaucoup plus petite que dans le KCl et le NaCl, aussi l'entrée au protoplasme n'a commencé qu'après 10 minutes.

Entre :	n est égal
20-30 minutes	0,0210
20-40 »	0,0206
20-60 »	0,0209
Moyenne	0,0208

En posant dans la formule $n = 0{,}0208$, $c = 0{,}0684$ et $\log t = \log 20$, nous obtenons :

Temps :	20^m	30^m	40^m	60^m	
Concentrations calculées :	0,0684	0,0720	0,0746	0,0783	mol
» trouvées :	0,0684	0,0721	0,0746	0,0784	

Je suis heureux que ces résultats soient confirmés par un travail de Fitting (1915), au moins dans une certaine mesure. Comme je l'ai déjà indiqué, j'ai suivi, moi aussi, sa méthode qui consiste à employer d'une manière spéciale la plasmolyse. Seulement, il y a cette différence que Fitting, malgré qu'il possédât le matériel voulu, n'a pas déterminé d'une manière plus exacte les concentrations plasmolysantes, mais s'est borné à évaluer approximativement la quantité absorbée. Les nombreux protocoles détaillés, insérés dans son travail, nous permettent de faire ces déterminations qui se trouvent réunies dans le tableau suivant.

Tradescantia (Rhœo) discolor, Cellules de l'épiderme de la feuille, dressé d'après les protocoles de Fitting (1915). Substance plasmolysante : KNO_3.

Concentrations plasmolysantes	Durée de séjour dans les solutions : 15 minutes	30	60	120
0,0850 mol	1	1		
0,0862	0	0		
0,0875	3	1	1	
0,0887	1	0	1	1
0,0900	2	4	0	0
0,0912	0	1	0	1
0,0925	3	1	3	0
0,0937	0	0	0	1
0,0950	3	4	4	0
0,0962	3	1	2	0

Tradescantia (Rhœo) discolor, Cellules de l'épiderme de la feuille, dressé d'après les protocoles de Fitting (1915). Substance plasmolysante : KNO_3. *(Suite).*

Concentrations plasmolysantes	Durée de séjour dans les solutions : 15 minutes	30 minutes	60 minutes	120 minutes
0,0975 mol	1	4	4	3
0,0987	0	0	0	0
0,1000	1	0	1	3
0,1012	0	0	0	0
0,1025	2	2	1	2
0,1037	0	0	1	0
0,1050	1	0	1	0
0,1062	1	1	0	0
0,1075	2	2	0	1
0,1087	1	1	1	1
0.1100	2	3	1	0
0,1112	0	0	1	0
0,1125	2	2	4	1
0,1137	0	1	0	0
0.1150	3	0	1	2
0.1162	0	2	1	0
0,1175	2	2	1	1
0,1187	0	0	2	1
0,1200	0	1	1	0
0,1212	1	1	0	1
5,1225	0	0	1	1
0,1237	0	0	1	0
0,1250	0	0	1	1
0,1262	0	0	0	1
0,1275	0	0	0	
0,1287	0	0	0	
0,1300	0	0	0	
0,1312	0	0	0	
0,1325	0	0	0	
0,1337	1	0	0	
0,1350		1	0	
0,1362			1	
Moyennes des concentrations plasmolysantes . . .	0,1023	0,1035	0,1060	0,1073 mol
Erreurs moyennes	± 0,0018	± 0,0018	± 0,0018	± 0,0022
Index de variabilité (σ)	0,0109	0,0110	0,0113	0.0107
Quantité absorbée par minute . . .		0,000080	0,000083	0,000021 mol

Pour établir ce tableau, je me suis servi des protocoles suivants du travail de Fitting: N° 41-47, 49, 50, 52-62, 68 a et c, 69 a et c, 70 a et b, 71 a, 72 b, 73 a et b, 74 a et b, 75 a et b, 76

a et b. J'ai exclu les Nos 48, 71 b et 72 a, à cause d'irrégularités trop grandes, la détermination des concentrations plasmolysantes n'y étant possible qu'en partie, et les Nos 51 et 77 dans lesquels la durée du séjour dans les solutions est limitée autrement. Je mentionne tout cela expressément pour montrer que ma manière de procéder a été tout à fait impartiale.

Fitting s'est borné à constater que la perméabilité du protoplasme pour le sel diminue de plus en plus au contact avec celui-ci. Mais l'inspection du tableau que nous venons de dresser nous montre que ses expériences permettent des conclusions plus précises. Jusqu'à 60 minutes la vitesse d'entrée est constante pour ne diminuer qu'ensuite. Quant à la seconde moitié de la courbe il est impossible de dire s'il y a concordance avec mes propres résultats. Calculer dans les protocoles de Fitting les concentrations plasmolysantes pour des temps atteignant 120 minutes n'aurait pas de valeur, vu le petit nombre des indications et la très grande variabilité de l'objet.

Tâchons maintenant de tirer quelques conclusions de nos expériences.

Des cellules végétales plongées dans les solutions hypertoniques d'un sel le laissent pénétrer. Jusqu'à une certaine concentration du sel, le temps que met la déplasmolyse est proportionnel à la concentration (première partie rectiligne des courbes A, fig. 1 et 2). Au moment où la déplasmolyse est accomplie, la quantité de sel absorbée est égale à la concentration de la solution moins une concentration qui exerce une pression osmotique égale à la pression osmotique normale de la cellule. Posons C la concentration de la solution, et c la pression osmotique normale de la cellule, la quantité absorbée dans un temps déterminé sera $C-c$. La pression osmotique normale, dans nos expériences, peut être regardée, sans commettre une grande erreur, comme égale à la concentration plasmolysante après 2 minutes (ligne pointillée parallèle à l'abscisse dans la fig. 1 et courbe d'absorption de $CaCl_2$ dans la fig. 3). Il s'ensuit que jusqu'à une certaine concentration (première moitié des courbes A, fig. 1 et 2), *l'absorption du sel se fait avec une vitesse constante, indépendamment des différences de pression existant entre la solution et la cellule.* Comme on le voit immédiatement,

la loi de diffusion de Fick n'est pas valable ici. Cela me paraît d'autant plus significatif que, d'après les recherches de Szuess (1910), la pénétration de quelques couleurs d'aniline dans les cellules de *Spirogyra* et d'autres plantes est réglée par la dite loi.

Quant à la seconde moitié des courbes A (fig. 1 et 2), évidemment elle ne suit pas non plus la loi de Fick, car au lieu que la vitesse d'entrée augmente avec la concentration ou, ce qui revient au même, avec l'augmentation de différence de pression, il y a là au contraire diminution de vitesse.

Donc la vitesse d'entrée du sel doit être réglée par le protoplasme lui-même et cela indépendamment de la différence de

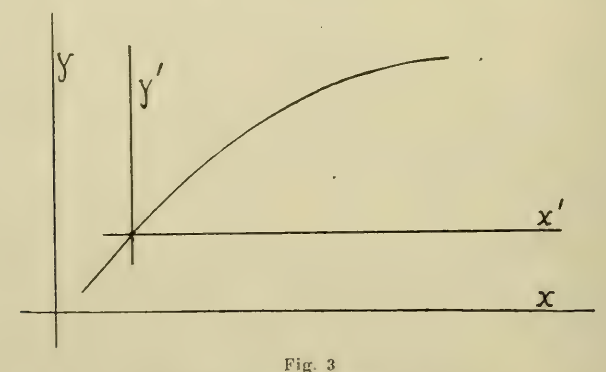


Fig. 3

Courbe schématique d'absorption de sel.
(Voir l'explication dans le texte.)

pression osmotique entre la solution ambiante et la cellule. Tout cela m'amène à la conclusion que ce n'est point la force de diffusion des ions et molécules qui les fait passer au travers du protoplasme dans la vacuole, mais que c'est le protoplasme lui-même qui fournit l'énergie nécessaire pour faire passer les particules du sel. En résumé, le protoplasme intervient activement dans l'absorption des sels, tandis qu'il se comporte passivement vis-à-vis des couleurs d'aniline qui le traversent par le fait de leur mouvement de diffusion.

Regardons maintenant la seconde partie des courbes A (fig. 1 et 2) et servons-nous en pour l'explication de la courbe schématique de la figure 3. Nous déplaçons le système des coordonnées

parallèlement à lui-même de telle sorte que le point O coïncide avec la fin de la partie rectiligne de la courbe d'absorption. Les axes occuperont ainsi la position x', y'. Alors nous pouvons admettre qu'après l'absorption d'une quantité maximum de sel, représentée dans la figure 3 par la distance $x' - x$, la vitesse d'entrée commence à diminuer. Ce ralentissement augmente en proportion directe avec le logarithme du temps. Cela ne me paraît être qu'un cas spécial de la loi de Weber. En effet, nous pouvons raisonner comme suit.

Dans le chimiotaxisme, comme l'a montré Pfeffer le premier (1884), il faut une certaine concentration minimum dans le tube capillaire pour que les anthérozoïdes, se trouvant dans de l'eau, répondent à l'irritation avec un mouvement vers le tube capillaire. Si l'on répète l'expérience en plaçant les organismes dans une goutte de la solution contenue, pendant la première expérience, dans le tube capillaire, il faut, pour qu'il y ait attraction, augmenter la concentration dans le tube capillaire. En répétant ainsi l'expérience plusieurs fois, on voit que les concentrations qui suffisent tout juste à provoquer le mouvement chimiotactique forment une série géométrique, tandis que les réactions, c'est-à-dire les mouvements vers le tube capillaire s'alignent en série arithmétique. Il y a là proportionnalité entre la réaction et le logarithme de l'irritation.

Le mouvement chimiotactique de l'anthérozoïde est un travail. Pour que l'anthérozoïde exécute ce travail plusieurs fois, il faut que l'irritation soit de plus en plus grande, ce qui découle immédiatement de la loi de Weber. On peut exprimer cela en disant que, par l'exécution d'un travail déterminé, l'anthérozoïde se fatigue de plus en plus, et que la fatigue, mesurée par la grandeur du facteur excitant, progresse géométriquement si le travail augmente en série arithmétique.

Maintenant, si nous passons à l'absorption des sels, le travail qui nous y intéresse, c'est l'absorption d'une petite quantité de sel (au-dessus de la ligne x' dans la figure 3). En exécutant ce travail, le protoplasme se fatigue, de telle sorte que, si nous laissons absorber la même petite quantité une seconde, une troisième, etc. fois, la fatigue, mesurée par le temps d'absorption que met le protoplasme, augmente géométriquement, tandis

que le travail progresse arithmétiquement. Par ce mot de fatigue, je ne veux entendre qu'un changement quelconque survenu dans le protoplasme et sur lequel je ne sais rien de plus précis.

En expliquant ainsi les faits expérimentaux, je me vois amené à *l'hypothèse* que voici :

Les sels irritent le protoplasme qui réagit à cette irritation par le transport du sel à son intérieur. La vitesse de réaction, étant d'abord constante, commence à diminuer après quelque temps parce que le protoplasme se fatigue suivant la loi de Weber.

Il faudrait maintenant parler des moyens physiques et chimiques mis à la disposition du protoplasme pour l'exécution de cette réaction. Mais je ne m'occuperai de cette question qu'à la fin du prochain chapitre. *(A suivre).*

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AUX

FORTIFICATIONS DE SAINT-MAURICE

PENDANT LES MOIS DE

Juin, juillet et août 1917

(ÉTÉ 1917)

OBSERVATIONS DIVERSES

Juin 1917

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée :* le 21, à Savatan.

Orages : les 5, 6, 8, 9, 21, 27, 28 et 29.

Juillet 1917

Fœhn : du 14 au 15 aux quatre stations.

Orages : les 4, 5, 7, 15, 16 et 30. — Orage avec grêle le 15, à Dailly.

Août 1917

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée* les 3, 5, 15 et 24, à Dailly et à l'Aiguille.

Orages : les 19 et 26.

MOIS DE JUIN 1917

Jour du mois	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Temp. moyenne		Hygromètre Fraction de satur. moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et Neige (hauteur mesurée)							
										Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm	mm	°	°	%	%				mm	cm	mm	cm	mm	cm	mm	cm
1	707.1	661.7	14.0	10.8	69	65	3	3	3	....	....	0.6	....	0.1	....	0.1	....
2	709.6	664.3	14.5	12.6	76	60	7	6	3	....	....	1.2	....	0.9	....	0.8	....
3	**711.7**	**665.3**	17.2	12.9	55	68	4	2	3	....	....	....	....	....	....	....	....
4	709.9	664.6	17.4	15.3	67	54	0	1	2	....	....	....	....	....	....	....	....
5	708.0	662.6	19.2	16.3	52	48	3	4	2	....	....	....	....	....	....	....	....
6	707.6	663.1	17.6	16.3	63	60	7	6	4	....	....	....	....	....	....	....	....
7	708.5	663.5	18.6	17.0	67	54	3	5	5	12.0	....	13.3	....	15.1	....	14.8	....
8	706.7	662.1	18.2	16.0	63	65	2	3	3	....	....	....	....	....	....	....	....
9	705.7	661.0	18.8	16.3	61	63	2	3	2	0.2	....	0.5	....	0.3	....	0.2	....
10	705.3	660.8	15.9	14.2	82	70	6	7	6	1.8	....	2.6	....	1.8	....	1.9	....
11	703.4	659.4	15.9	13.9	90	67	9	7	8	1.8	....	1.7	....	1.7	....	1.6	....
12	703.2	658.9	15.5	12.8	**95**	**97**	10	9	9	**26.7**	....	18.2	....	**20.9**	....	**21.2**	....
13	706.2	661.2	16.3	12.4	82	88	10	6	8	0.9	....	1.1	....	0.9	....	1.2	....
14	708.1	663.0	17.4	14.0	65	75	3	4	5	....	....	....	....	....	....	....	....
15	708.4	664.0	18.4	16.5	62	56	1	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
16	708.7	664.7	19.9	18.3	58	50	1	1	2	....	....	....	....	....	....	....	....
17	708.5	663.9	**20.9**	**18.4**	54	**45**	0	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
18	705.8	661.8	20.4	18.1	55	50	2	2	2	....	....	....	....	....	....	....	....
19	702.3	658.2	19.5	18.1	60	49	1	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
20	**700.6**	**656.1**	17.8	17.2	75	46	9	9	9	0.9	....	0.8	....	0.9	....	0.8	....
21	703.9	657.3	16.0	13.2	71	61	4	4	4	12.8	....	15.3	....	15.4	....	15.2	....
22	705.6	660.1	13.8	9.8	64	51	6	5	4	....	....	0.5	....	2.3	....	2.4	....
23	706.9	661.5	**12.2**	**9.1**	68	75	8	8	7	0.7	....	2.6	....	1.9	....	1.6	....
24	708.0	660.8	14.4	12.6	57	61	2	1	2	....	....	....	....	....	....	....	....
25	708.3	662.8	16.7	13.9	65	55	5	2	2	....	....	1.0	....	1.8	....	1.6	....
26	708.9	663.0	17.1	13.4	71	73	10	7	5	....	....	1.0	....	0.1	....	0.1	....
27	705.7	660.6	15.4	14.9	83	73	5	3	6	11.0	....	**19.0**	....	14.2	....	14.1	....
28	704.1	660.4	18.6	16.4	47	61	4	3	5	5.0	....	5.6	....	7.2	....	7.1	....
29	703.4	658.8	13.9	12.0	86	91	9	7	6	9.8	....	12.4	....	18.6	....	18.2	....
30	703.5	657.9	13.4	10.9	**95**	95	10	10	9	2.8	....	3.5	....	4.2	....	4.1	....
Mois	706.46	661.45	16.84	14.45	69	64	4.8	4.4	4.4	86.4	....	100.9	....	108.3	....	107.0	....

MOYENNES DU MOIS DE JUIN 1917

Pression atmosphérique

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm	1 h. s. mm	9 h. s. mm	Moyenne mm	7 h. m. mm	1 h. s. mm	9 h. s. mm	Moyenne mm
1re déc.	708.41	707.71	707.96	708.03	663.01	662.93	662.80	662.91
2me »	706 10	704.93	705.57	705.53	661.25	661.04	661.02	661.10
3me »	706.16	705.57	705.76	705.83	660.41	660.28	660.32	660.33
Mois	706.89	706.07	706.43	706.46	661.56	661.42	661,38	661.45

Température

	7 h. m. o	1 h. s. o	9 h. s. o	Moyenne o	Min. moyen o	Max. moyen o
	Savatan					
1re déc.	12.83	21.88	16.71	17.14	11.7	23.4
2me »	14.28	22 70	17.66	18.21	13.3	23.8
3me »	12.00	19.01	14.46	15.16	10.9	20.6
Mois	13.04	21.20	16.28	16.84	12,0	22.6
	Dailly					
1re déc.	12.79	17.77	13.73	14.76	11.1	19.0
2me »	14.04	18.22	15.62	15.96	12.4	19.4
3me »	11.13	14.68	12.04	12.62	8.9	15.9
Mois	12.65	16‘89	13.80	14 45	10.8	18.1

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re déc.	83	50	63	65	63	56	63	61
2me »	91	50	68	70	69	58	60	62
3me »	91	53	68	71	72	67	70	70
Mois	88	51	67	69	68	60	64	64

Nébulosité

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moy.	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moy.	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moy.
1re déc.	1.3	4.1	5.6	3.7	1.9	4.0	6.1	4.0	1.5	3.4	5.2	3.4
2me »	4.6	5.0	4.1	4.6	4.8	4.6	2.8	4.1	4.8	5.2	4.3	4.7
3me »	4.9	5.7	8.3	6.3	4.4	4.8	5.7	5.0	4.6	4.7	5.7	5.0
Mois	3.6	4.9	6.0	4.8	3.7	4.5	4.9	4.4	3.6	4.4	5.1	4.4

MOIS DE JUILLET 1917

Jour du mois	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Temp. moyenne		Hygromètre Fraction de satur moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et neige (hauteur mesurée)							
										Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm	mm	°	°	%	%				mm	cm	mm	cm	mm	cm	mm	cm
1	703.2	658.0	15.3	12.0	81	81	7	6	4	....	...	0.3	....	....	....	....	....
2	703.7	658.8	15.7	13.0	83	87	10	8	8	6.5	....	10.2	....	13.6	....	13.4	....
3	706.1	661.8	16.8	14.0	76	77	8	8	6	....	....	....	....	....	....	....	....
4	707.6	662.9	16.2	13.1	83	65	9	6	5	7.0	....	15.9	....	21.3	....	21.4	....
5	707.4	661.6	13.3	9.9	89	87	10	9	9	15.3	...	11.2	....	11.1	....	11.0	....
6	705.3	660.0	15.8	12.8	75	78	2	2	2	....	....	....	....	....	....	....	....
7	703.2	658.6	17.6	14.8	75	75	4	6	3	19.6	....	21.0	....	21.9	....	22.1	....
8	702.3	657.1	13.2	11.4	100	**98**	9	9	9	23.5	....	23.6	..	23.8	....	23.4	...
9	703.1	657.5	**11.8**	9.5	93	70	9	8	8	4.5	....	4.5	....	5.6	...	5.4	....
10	704.0	658.1	13.1	**9.0**	83	76	8	10	9	10.8	....	11.4	....	11.5	....	11.4	....
11	708.8	662.7	13.4	9.6	56	63	3	3	3	....	....	....	...	....	....	....	....
12	**710.6**	**665.8**	14.0	11.3	59	57	0	0	1	....	....	....	...	...	....	....	....
13	709.6	**665.8**	16.1	14.3	62	56	0	0	0	....	...	....	....	....	....	....	...
14	709.1	664.0	19.1	20.6	**51**	**31**	1	1	1	...	....	....	....	....	...	....	....
15	707.9	662.6	20.3	**20.7**	57	59	4	6	5	7.2	...	8.7	....	7.2	....	7.1	....
16	706.5	661.9	16.4	14.0	95	93	10	10	9	10.6	....	11.2	...	11.4	...	11.5	...
17	707.5	662.2	18.1	15.0	70	76	8	6	6	....	....	....	....	....	....	....	....
18	708.3	663.9	19.0	15.9	65	66	2	3	1	....	....	....	....	....	...	...	...
19	707.4	663.1	19.5	17.2	67	68	0	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
20	707.2	664.4	20.1	16.5	60	65	4	3	3	....	....	....	....	....	...	....	....
21	707.4	662.6	18.7	15.0	68	76	8	5	8	....	....	....	....	....	....	....	..
22	707.2	661.6	17.3	14.1	78	70	2	2	3	...	....	....	....	....	...	....	....
23	708.2	662.6	16.2	14.5	70	78	2	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
24	708.5	662.9	17.0	15.2	67	67	0	1	1	....	....	...	....	...	....	....	..
25	707.3	662.9	18.3	16.1	56	48	1	2	4	4.2	....	3.1	....	3.4	...	3.2	....
26	706.5	662.4	16.8	14.3	75	74	5	6	5	....	....	....	....	0.1	....	0.1	....
27	707.8	662.9	18.3	16.3	66	61	0	1	2	....	....	....	....	....	....	...	....
28	707.4	663.1	20.2	19.0	**51**	54	0	1	1	....	....	....	....	...	...	....	....
29	703.3	659.7	**20.5**	19.4	58	41	5	2	2	15.5	....	13.6	....	14.2	....	14.3	....
30	701.1	**654.0**	14.5	12.2	100	92	10	10	10	**26.5**	....	**27.2**	....	**36.6**	....	**36.2**	....
31	**699.0**	**654.0**	11.9	9.5	92	86	9	7	9	17.5	....	18.4	...	21.6	...	21.4	....
Mois	706.21	661.28	16.60	14.20	73	70	4.8	4.6	4.6	168.7	....	180.3	....	203.3	....	201.9	....

MOYENNES DU MOIS DE JUILLET 1917

Pression atmosphérique

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm	1 h. s. mm	9 h. s. mm	Moyenne mm	7 h. m. mm	1 h. s. mm	9 h. s. mm	Moyenne mm
1re déc.	704.36	704.36	705.08	704.60	659.36	659.46	659.51	659.44
2me »	708.43	708.12	708.29	708.28	663.50	663.61	663.78	663.63
3me »	706.14	705.34	705.87	705.78	660.98	660.63	660.77	660.79
Mois	706.31	705.92	706.40	706.21	661.27	661.21	661.34	661.28

Température

	Savatan					
	7 h. m. o	1 h. s. o	9 h. s. o	Moyenne o	Min. moyen o	Max. moyen o
1re déc.	13.03	18.17	13.46	14.89	11.1	19.8
2me »	13.74	21.57	17.48	17.60	12.9	22.4
3me »	13.96	20.42	17.36	17.25	13.1	22.3
Mois	13.59	20.06	16.14	16.60	12.4	21.5

	Dailly					
1re déc.	10.84	13.81	11.19	11.95	8.9	14.9
2me »	13.15	17.83	15.57	15.52	11.8	18.8
3me »	13.08	17.35	14.76	15.06	11.6	18.7
Mois	12.38	16.37	13.87	14.20	10.8	17.5

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re déc.	98	66	87	84	87	72	79	79
2me »	85	50	57	64	68	59	64	64
3me »	87	58	68	71	76	64	64	68
Mois	90	58	71	73	77	65	69	70

Nébulosité

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moy.	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moy.	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moy.
1re déc.	7.1	7.3	8.4	7.6	6.7	7.1	7.7	7.2	6.2	6.3	6.6	6.4
2me »	3.1	3.3	3.3	3.2	3.4	3.2	3.5	3.4	3.1	3.1	3.2	3.1
3me »	3.8	4.1	3.4	3.8	3.9	4.4	2.3	3.5	3.9	4.3	4.5	4.2
Mois	4.6	4.9	5.0	4.8	4.6	4.9	4.4	4.6	4.4	4.6	4.7	4.6

MOIS D'AOUT 1917

Jour du mois	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Temp. moyenne		Hygromètre Fraction de satur. moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et Neige (hauteur mesurée)							
										Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm	mm	°	°	%	%				mm	cm	mm	cm	mm	cm	mm	cm
1	702.9	656 9	12.4	10.0	92	79	9	7	8	8.2	....	8.7	....	10.4	....	10.2	....
2	703.4	657.4	14.1	11.2	70	74	5	7	6	0.6	....	1.4	....	1.2	....	1.4	....
3	702.4	657.3	13.1	10.3	87	92	10	8	9	....	....	....	....	0.4	....	0.2	....
4	702.5	657.2	14.1	11.9	85	87	8	7	7	0.7	....	0.6	....	0.6	....	0.7	....
5	703.8	657.4	13.2	12.0	95	93	10	9	9	4.9	....	6.1	....	7.3	....	7.0	....
6	702.3	656.8	14.5	12.0	83	65	6	6	3	2.6	....	4.8	....	9.4	....	9.2	....
7	701.3	656.8	15.3	13.2	80	79	7	6	5	....	....	....	....	....	....	....	....
8	700.4	656.5	16.3	14.9	72	58	1	2	1	....	....	....	....	....	....	....	....
9	700.1	655.9	14.5	13.0	**96**	92	10	10	9	**21.2**	....	**21.8**	....	**23.2**	....	**23.4**	....
10	703.3	658.4	13.4	11.6	66	62	4	2	4	....	....	....	....	0.1	....	0.1	....
11	703.9	659.0	14.9	13.7	74	48	7	9	4	4.5	....	5.0	....	4.8	....	4.9	....
12	704.2	659.2	15.2	13.3	87	79	7	5	7	1.5	....	1.0	....	1.4	....	1 2	....
13	701.4	657.3	20.4	16.3	**48**	**42**	0	2	2	....	....	....	....	....	....	....	....
14	701.3	657.2	16.5	14.4	82	72	6	6	6	10.7	....	9.6	....	10.2	....	10.4	....
15	703.7	658.2	13.7	12.8	85	56	6	6	6	4.8	....	5.5	....	5.9	....	5 2	....
16	707.2	661.3	12 9	10 4	77	59	5	5	6	....	....	....	....	....	....	....	....
17	708.4	**663.0**	13.5	13.1	75	56	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
18	707.2	662.6	17.1	16.6	60	55	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
19	707.0	662.1	17.7	16.5	63	61	3	3	4	8.9	....	13.0	....	13.4	....	13.1	....
20	705.0	659.7	15.2	12.7	87	79	10	9	8	12.1	....	11.2	....	14.1	....	13.9	....
21	705.0	660.4	15.5	13.2	82	82	1	2	2	....	....	....	....	....	....	....	....
22	705.2	661.1	18 2	15.8	67	61	2	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
23	704.7	661.7	**20.9**	**17.4**	52	44	6	4	5	2.0	....	3.2	....	4.2	....	4.4	....
24	707.8	662.8	16.9	12.7	76	**94**	2	9	8	....	....	....	....	0.9	....	0.3	....
25	**708.5**	662.6	16.1	13.0	64	68	0	4	4	....	....	....	....	....	....	....	....
26	703 4	658.4	17.0	15.3	60	51	3	5	2	12.6	....	13.4	....	12.6	....	12.2	....
27	700.1	655.2	12.7	11.5	92	64	4	6	4	....	....	....	....	....	....	....	....
28	**696.6**	**653.1**	15.7	13.6	78	58	6	6	5	10.5	....	12.5	....	17.9	....	17.5	....
29	701.3	654.9	**10.1**	**8.9**	77	66	8	9	8	2.5	....	....	....	2.6	....	2.5	....
30	707.9	661.0	12.5	9.6	65	65	4	5	3	....	....	....	....	....	....	....	....
31	705.7	660.0	12.9.	10.5	74	60	5	5	6	....	....	....	....	0.2	....	0.1	....
Mois	703.81	658.76	15.05	12.95	76	68	5.0	5.3	4.9	108.3	....	117.8	....	140.8	....	137.9	....

MOYENNES DU MOIS D'AOUT 1917

Pression atmosphérique

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm	1 h. s. mm	9 h. s. mm	Moyenne mm	7 h. m. mm	1 h. s. mm	9 h. s. mm	Moyenne mm
1re déc.	702.19	702.13	702.44	702.25	657.15	656.80	657.26	657 07
2me »	704.96	704.77	705.07	704.93	660.09	659.69	660.12	659.96
3me »	704.70	703.98	703.91	704.20	659.34	659.27	659.02	659.21
Mois	703.98	703.64	703.81	703.81	658.88	658.61	658.80	658.76

Température

	7 h. m. °	1 h. s. °	9 h. s. °	Moyenne °	Min. moyen °	Max. moyen °
Savatan						
1re déc.	11.62	17.14	13 52	14.09	10 4	18.4
2me »	13.30	19.26	14.58	15.71	11.9	21.2
3me »	12.37	18.55	15.04	15.32	10.6	20.0
Mois	12.43	18.32	14.40	15.05	10.9	19.8
Dailly						
1re déc.	10.89	13.24	11.89	12.01	9.0	14.7
2me »	11.93	16.70	13.29	13.97	10.4	18.3
3me »	10.80	15.31	12.49	12.87	9.2	17.0
Mois	11.19	15.09	12.55	12.95	9.5	16.6

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re déc.	96	68	84	83	79	78	77	78
2me »	79	60	83	74	63	55	64	61
3me »	86	59	70	72	71	61	63	65
Mois	87	62	79	76	71	64	68	68

Nébulosité

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moy.	7 h. m.	1 h. s.	9 h. 2.	Moy.	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moy.
1re déc.	6.7	7.5	6.9	7 0	5.6	7.5	6.1	6.4	6 5	6.0	5.7	6.1
2me »	3.7	4.6	4.9	4.4	3 9	4.7	5.3	4.6	3.4	4.8	4.9	4.3
3me »	3.9	3.2	4.2	3.7	4.6	4.9	5.4	5.0	4.0	4.7	4.6	4.4
Mois	4.8	5.0	5.3	5.0	4.7	5.7	5.6	5.3	4.6	5.1	5.0	4.9

BULLETIN SCIENTIFIQUE

Jäger, F.-M. — *Lectures on the principle of symmetry and its applications in all natural sciences.* Publishing Company « Elsevier », Amsterdam 1917.

L'ouvrage que vient de publier M. le prof. Jäger, de Groningue, est de ceux qui méritent d'attirer l'attention des hommes de science qu'intéressent les questions d'ordre général. L'étude du principe de symétrie envisagé dans les domaines les plus divers est assurément, parmi ces questions, une de celles qui présentent un haut intérêt scientifique et même philosophique ; aussi nombre d'esprits de premier ordre, pour ne citer que Pasteur et Curie, se sont-ils adonnés à son étude pour en faire surgir des vérités importantes. — Il était digne d'intérêt de présenter le sujet d'une façon tout à fait générale; d'autant plus qu'à l'heure actuelle les recherches directes, effectuées au moyen des rayons X sur la symétrie et les réseaux cristallins, ont donné à ces questions un regain d'actualité. L'ouvrage de M. Jäger vient donc à son heure ; il est abondamment documenté, d'une lecture facile, rendue plus aisée encore par un nombre considérable de figures suggestives, empruntées, non seulement au monde inorganique des cristaux, mais au règne végétal et animal ; cet ouvrage mérite et ne manquera pas d'être bien accueilli. C.-E. G.

INNOVATION DANS LE BULLETIN MÉTÉOROLOGIQUE

POUR

GENÈVE ET LE GRAND SAINT-BERNARD

A partir de 1918 (année météorologique et civile), toutes les indications de *temps* dans le bulletin des observations météorologiques faites à l'Observatoire de Genève et à l'Hospice du Grand Saint-Bernard seront données en **temps moyen de l'Europe centrale** et les **heures** seront **comptées**, pour chaque jour, de minuit à minuit, soit plus exactement **de 1^h à 24^h**.

Jusqu'à maintenant les heures indiquées étaient, pour Genève, données en **temps moyen du méridien de Genève**, temps local, qui retardait de 5 minutes environ sur l'ancienne heure nationale suisse, l'**heure de Berne**, et de 35 minutes environ sur l'**heure de l'Europe centrale**. Toutes les indications du bulletin météorologique et des « résumés météorologiques pour Genève et le Grand Saint-Bernard » étaient données, pour Genève, à cette heure locale, et pour le Grand Saint-Bernard, à l'ancienne heure de Berne.

Dorénavant il n'y aura plus cette divergence entre ces deux stations et toutes les autres stations du réseau météorologique de la Suisse.

Nos indications seront faites de 7 $^1/_2$ h. à 22 $^1/_2$ h. dans tous nos tableaux. Cela fait une légère avance de 5 minutes pour le moment exact où les observations se feront à Genève, depuis 1918, par comparaison avec les années antérieures, mais cette différence est insignifiante, et il y a évidemment avantage à synchroniser absolument les observations météorologiques pour la Suisse entière, en rattachant complètement aux autres la plus ancienne station du réseau.

Il n'y a pas d'autre modification importante apportée aux tableaux du bulletin météorologique. Notons cependant une innovation dans l'un des tableaux relatifs à la *station du Grand Saint-Bernard* en ce

qui concerne les *mesures de la pluie et de la neige*. Depuis le mois de mai 1917, ainsi que cela a été annoncé dans le bulletin météorologique de ce mois-là [1], un nouveau pluviomètre a été installé à proximité de l'ancien. Cet instrument est un « pluviomètre protégé » muni, au niveau de l'ouverture du cylindre récepteur, d'un collier métallique ou écran tronconique protecteur.

Les mesures comparatives faites de mai à décembre 1917 avec les deux pluviomètres montrent déjà clairement que les quantités de pluie et de neige sont à peu près les mêmes pour les deux appareils *quand le temps est calme*. Mais lorsqu'il souffle du vent et surtout quand soufflent des *vents violents*, l'appareil protecteur du nouveau pluviomètre favorise l'entrée de la pluie et surtout de la neige dans le cylindre de cet instrument, et les indications sont alors supérieures à celles de l'ancien.

A noter enfin que le nouveau pluviomètre a été installé plus loin du mur de l'hospice que l'ancien et se trouve aussi de cette façon dans des conditions plus favorables. La comparaison sera poursuivie et elle sera facilitée par la publication des quantités d'eau de pluie et de neige et de hauteur de la neige recueillies jour après jour. Ainsi s'affirme une nouvelle utilité de l'ancienne station du Grand Saint-Bernard dont le centenaire a été annoncé dans le bulletin de septembre [2] et fêté lors de la 99e réunion de la Société helvétique des Sciences naturelles [3], à Zurich, en septembre 1917.

Raoul GAUTIER.

[1] *Arch. 1917*, vol. 43, p. 517.
[2] *Arch. 1917*, vol. 44, p. 351.
[3] *Arch. 1917*, vol. 44, p. 351.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

DE DÉCEMBRE 1917

Le 1, pluie de 7 h. à 8 h. et dans la nuit.
2, pluie de 7 h. à 9 h., quelques flocons de neige dans la nuit.
3, quelques flocons de neige dans la nuit.
9, brouillard enveloppant et givre tout le jour.
12, forte bise l'après-midi et le soir.
16, neige de 19 h. à 22 h. et dans la nuit, haut. 10 cm.
20, léger brouillard le matin.
25, neige pulvérulente de 7 h. à 18 h. et dans la nuit, haut. 8 cm.
27, neige pulvérulente dans la nuit, haut. 2 cm.; très forte bise l'après-midi et le soir.
28, neige pulvérulente de 7 h. à 11 h., haut. 1 cm.
les 29 et 30, brouillard le matin.
le 31, brouillard et givre matin et soir.

Hauteur totale de la neige 21 cm. tombés en 4 jours.
Neige sur le sol du 16 au 31.

GENÈVE — DÉCEMBRE 1917

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 ½	13 ½	21 ½	Dominant	V. moy. km/h.	Nébulosité 7 ½	13 ½	21 ½	Moy. 6 obs.	Durée d'inso-lation	Pluie Hauteur 24 h.	Nomb. d'heur.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h.	mm	
1	30.5	29.3	28.7	29.64	+ 2.90	28.2	31.5	SE 1	SW 1	SW 1	SW 1	2.1	10	9	0	6	0.7	1.2	4
2	28.2	30.1	32.9	29.96	+ 3.18	27.0	33.6	SW 1	NW 1	SSW 1	W 1	2.5	9	7	3	9	2.8	1.2	5
3	35.1	38.0	39.1	36.79	+ 9.97	33.6	39.4	SSE 1	NE 1	SW 1	N 1	2.0	9	0	8	6	5.7	....	....
4	37.4	37.2	37.2	37.62	+10.76	37.0	39.3	SSW 1	NW 1	SE 1	var.	2.2	9	9	0	5	1.9	....	....
5	38.0	38.8	40.0	38.75	+11.85	37.1	40.4	SE 1	NNW 0	S 1	calme	1.0	1	0	0	0	6.0	....	....
6	41.2	40.2	39.3	**40.32**	**+13.38**	39.0	**42.2**	SSE 0	NNE 0	SSE 1	calme	0.8	0	0	0	0	**7.7**	....	....
7	38.1	36.9	35.8	37.24	+10.26	35.4	39.3	S 1	SW 1	SW 1	calme	0.6	0	0	0	0	5.6	....	....
8	32.7	30.6	28.4	31.35	+ 4.33	27.0	35.4	SW 1	NNE 1	SSW 1	NNE 1	2.1	0	2	10	7	5.1	....	....
9	23.8	21.9	22.4	23.19	− 3.87	21.4	27.0	SE 1	SE 0	SW 0	calme	1.2	10	10	10	10	0.0	....	....
10	23.0	22.6	23.2	22.94	− 4.16	22.5	23.5	SE 1	W 1	SE 1	SE 1	2.3	10	10	9	8	0.0	....	....
11	26.2	27.6	29.7	27.22	+ 0.08	23.5	30.7	SSE 1	SSE 1	N 1	SSE 1	2.7	8	9	0	5	1.4	....	....
12	31.9	31.2	32.0	31.48	+ 4.30	30.7	32.5	NE 2	NNE 2	NNE 3	NNE 2	20.8	10	5	0	5	2.3	....	....
13	33.8	34.3	35.9	34.23	+ 7.01	32.5	36.5	SE 1	NNE 2	NE 1	NNE 1	8.3	9	9	0	5	0.1	....	....
14	36.5	35.9	36.1	36.20	+ 8.94	35.3	37.3	E 0	SE 1	SE 0	SE 1	1.9	2	0	0	2	4.3	....	....
15	36.5	36.3	34.6	35.92	+ 8.62	33.0	36.8	E 1	NNE 1	NNE 1	NNE 1	2.8	9	8	0	4	2.1	....	....
16	27.8	22.5	17.4	24.11	− 3.23	16.4	33.0	SW 1	N 1	W 1	calme	1.1	8	9	9	9	0.7	**6.7**	11
17	16.0	15.6	17.5	**16.32**	**−11.05**	**15.5**	18.0	SW 0	SW 1	SW 1	SW 1	2.0	10	10	10	10	0.0	....	....
18	22.4	25.3	28.6	24.25	− 3.16	17.8	29.2	NE 1	N 1	NNE 1	NNE 1	3.7	8	9	10	9	0.0	....	....
19	30.3	30.2	30.6	30.33	+ 2.88	29.2	31.2	NE 1	ENE 1	NE 1	NE 1	2.4	10	10	10	10	0.0	....	....
20	29.0	26.6	23.8	27.17	− 0.31	23.4	30.3	SE 1	SE 1	SE 1	SE 1	2.3	10	10	10	10	0.0	....	....
21	21.9	21.5	23.5	22.38	− 5.14	21.2	24.3	E 1	NE 1	NNE 1	NE 1	2.2	10	10	10	10	0.0	....	....
22	25.7	26.7	27.9	26.39	− 1.17	24.3	28.1	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	3.5	10	10	10	10	0.0	....	....
23	27.9	28.4	29.9	28.59	+ 1.00	27.5	30.1	NNE 1	NE 1	NNE 1	NE 1	2.9	10	10	10	10	0.0	....	....
24	30.5	31.2	32.2	31.13	+ 3.51	30.1	32.4	NNE 1	E 1	NNE 1	NNE 1	3.8	10	10	5	9	0.0	....	....
25	29.4	26.2	21.6	26.89	− 0.76	20.2	32.4	SSE 0	SSW 1	SW 1	SSW 1	2.1	10	10	3	9	0.0	3.2	**13**
26	20.1	18.6	19.1	19.52	− 8.16	18.4	20.5	NNW 1	SE 1	NNE 2	NNE 1	9.8	10	9	3	9	1.3	....	....
27	21.5	20.7	20.2	20.60	− 7.11	19.3	22.1	NNE 1	NNE 2	NNE 3	NNE 3	**32.8**	2	0	8	4	6.9	0.5	2
28	19.4	20.6	23.7	21.07	− 6.67	19.1	24.8	NNE 1	SSE 1	S 1	SSW 1	10.6	10	8	9	7	2.5	0.2	4
29	26.9	25.8	27.3	26.32	− 1.44	24.8	27.5	S 1	NE 1	SE 1	var.	2.3	10	9	10	9	0.1	....	....
30	26.6	26.5	27.2	26.82	− 0.96	26.2	27.6	NE 0	ESE 0	S 1	calme	1.2	10	10	10	10	0.0	....	....
31	25.9	25.2	26.4	26.07	− 1.73	23.6	27.7	SE 1	SE 1	S 1	SE 1	2.3	10	10	10	10	0.0	...	....
Mois	28.85	28.47	28.78	28.74	+ 0.78							4.46	7.9	7.2	5.7	7.0	57.2	13.0	39

GENÈVE — DÉCEMBRE 1917

Jour du mois	Température 7 ½	Température 13 ½	Température 21 ½	Température Moyenne 8 obs.	Température Écart av. la norm.	Température Min.	Température Max.	Fraction de saturation en 0/0 7 ½	Fraction de saturation 13 ½	Fraction de saturation 21 ½	Fraction de saturation Moyenne 8 obs.	Fraction de saturation Écart av. la norm.	Fraction de saturation Min.	Fraction de saturation Max.	Tempér. du Rhône Midi	Tempér. du Rhône Écart av. la norm.	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm
1	2.0	7.7	6.3	**5.21**	+2.96	1.5	**9.6**	100	85	80	86	+ 1	68	100	7.8	−0.1	1735
2	5.8	6.4	2.2	5.16	**+3.04**	2.0	9.2	85	65	68	73	−12	55	88	—	—	1685
3	− 1.0	1.8	−1.2	0.10	−1.90	− 1.5	2.6	92	65	75	**71**	**−14**	60	95	7.5	−0.2	1705
4	− 1.3	1.7	−0.4	−0.06	−1.94	− 1.7	2.0	87	68	92	82	− 3	64	94	7.2	−0.4	1695
5	− 5.0	−1.8	−6.0	−3.30	−5.06	− 6.5	0.0	90	92	92	91	+ 6	82	96	6.8	−0.7	1705
6	− 8.4	1.2	−4.0	−4.06	−5.71	− 8.5	1.8	94	65	91	85	0	62	99	6.4	−1.0	1690
7	− 7.0	3.1	−2.6	−2.76	−4.30	− 7.7	3.8	94	51	83	82	− 3	46	95	6.6	−0.7	1675
8	− 6.5	−0.5	−1.4	−2.81	−4.24	− 7.1	0.9	92	90	92	91	+ 6	75	98	6.7	−0.5	1660
9	− 4.6	−3.1	−2.1	−3.03	−4.35	− 5.0	−1.4	95	99	98	**97**	**+11**	94	100	—	—	1655
10	− 1.7	0.4	−2.5	−1.26	−2.48	− 3.0	0.4	97	79	96	91	+ 5	77	98	6.2	−0.9	1660
11	− 4.4	1.6	−1.3	−1.77	−2.89	− 5.0	2.3	95	72	85	89	+ 3	67	96	6.5	−0.5	1635
12	− 2.0	0.4	1.0	−0.65	−1.67	− 3.0	1.3	87	86	77	85	− 1	76	91	5.8	−1.1	1625
13	− 2.0	0.9	−1.3	−0.59	−1.52	− 3.0	1.0	94	78	86	86	0	71	95	6.0	−0.8	1615
14	− 4.7	0.8	−3.3	−2.14	−2.98	− 5.2	2.4	90	79	91	87	+ 1	73	95	6.2	−0.5	1580
15	− 1.2	4.9	0.4	0.33	−0.42	− 4.1	5.4	88	46	68	76	−10	**40**	95	6.3	−0.3	1555
16	− 5.2	0.0	−1.9	−2.65	−3.32	− 6.0	0.8	90	81	96	88	+ 2	73	96	—	—	1565
17	− 1.7	0.8	0.0	−0.65	−1.24	− 2.8	1.2	96	86	95	93	+ 7	84	96	6.2	−0.3	1555
18	− 1.0	−0.1	−0.2	−0.23	−0.74	− 1.5	0.6	84	88	89	87	+ 1	80	93	5.3	−1.1	1515
19	− 0.4	0.1	−0.6	−0.21	−0.65	− 1.4	0.3	89	89	90	90	+ 4	86	94	5.5	−0.8	1510
20	− 2.0	−1.4	−1.8	−1.75	−2.12	− 2.5	−0.6	96	96	96	96	+10	94	98	5.7	−0.5	1480
21	− 2.8	−2.2	−2.2	−2.53	−2.83	− 3.8	−2.0	96	92	88	92	+ 6	83	96	5.8	−0.4	1495
22	− 3.4	−3.3	−3.4	−3.22	−3.46	− 4.2	−2.0	91	82	87	86	0	80	92	5.2	−0.9	1455
23	− 3.4	−2.4	−2.3	−2.90	−3.08	− 4.1	−2.0	87	90	92	90	+ 4	85	95	—	—	1460
24	− 2.4	−1.6	−2.4	−2.19	−2.31	− 3.0	−1.4	96	96	94	95	+ 9	92	96	5.0	−1.0	1435
25	− 3.8	0.3	−1.9	−2.55	−2.62	− 6.8	0.3	93	83	94	93	+ 7	80	99	—	—	1390
26	− 3.8	−0.6	−2.9	−2.42	−2.44	− 4.8	−0.6	87	87	92	87	+ 1	76	94	5.0	−0.8	1395
27	− 6.4	−4.5	−6.8	−5.84	−5.81	− 8.0	−2.6	63	87	84	76	−10	61	90	4.0	−1.8	1455
28	−10.4	−5.8	−9.5	**−8.76**	**−8.69**	−11.8	−4.7	93	87	90	87	+ 1	75	96	4.2	−1.5	1370
29	− 9.8	−5.7	−7.0	−8.58	−8.47	**−13.0**	−5.7	88	82	87	86	0	80	96	4.2	−1.4	1355
30	− 6.8	−5.4	−5.0	−5.77	−5.62	− 7.2	−4.8	87	92	90	90	+ 3	86	94	—	—	1315
31	− 6.4	−5.2	−5.8	−5.85	−5.67	− 7.2	−4.0	94	95	99	95	+ 8	90	100	—	—	1325
Mois	−3.60	−0.37	−2.25	−2.18	−2.98	−4.71	0.45	91	82	88	87	+ 1			5.92	−0.69	1525

MOYENNES DE GENÈVE — DÉCEMBRE 1917

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700 +

Heure	1 ½	4 ½	7 ½	10 ½	13 ½	16 ½	19 ½	22 ½	Moyenne
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	33.28	32.71	32.81	33.30	32.55	32.27	32.58	32.73	32.78
2e »	28.56	28.73	29.04	29.46	28.56	28.33	28.52	28.59	28.72
3e »	24.97	25.14	25.08	25.51	24.67	24.70	25.11	25.38	25.07
Mois	28.81	28.74	28.85	29.30	28.47	28.31	28.62	28.79	28.74

Température

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	−1.43	−2.02	−2.77	−0.47	1.69	1.13	−0.31	−1.27	−0.68
2e »	−1.97	−2.21	−2.46	−1.33	0.80	0.44	−0.46	−1.06	−1.03
3e »	−5.22	−5.40	−5.40	−4.88	−3.31	−3.72	−4.32	−4.56	−4.60
Mois	−2.95	−3.28	−3.60	−2.31	−0.37	−0.81	−1.78	−2.37	−2.18

Fraction de saturation en %

1re déc.	89	89	93	83	76	80	83	87	85
2e »	90	91	91	91	80	82	88	89	88
3e »	83	87	89	90	88	88	91	91	89
Mois	89	89	91	88	82	83	87	89	87

Dans ce mois l'air a été calme 145 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{82}{36} = 2.28$

Moyennes des 3 observations (7 ½, 13 ½, 21 ½)

		mm
Pression atmosphérique	. . . .	28.70
Nébulosité	. . . .	6.9
Temp.	$\frac{7\,½ + 13\,½ + 21\,½}{3}$ . . .	−2°07
	$\frac{7\,½ + 13\,½ + 2 \times 21\,½}{4}$.	−2°12
Fraction de saturation	. . . . .	87 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphérique .	(1836-1875)	27.96
Nébulosité	(1847-1875)	8.3
Hauteur de pluie . .	(1826-1875)	50.1
Nombre de jours de pluie	»	9
Temp. moyenne. . .	»	0°80
Fract. de saturation	(1849-1875)	86 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	Céligny	Collex	Chambésy	Châtelaine	Satigny	Athenaz	Compesières
Hauteur d'eau en mm	21.6	18.6	18 8	17.8	19.6	19.3	9.8

Station	Veyrier	Observatoire	Cologny	Puplinge	Jussy	Hermance
Hauteur d'eau en mm	9.9	13.0	12 0	?	11.1	14.8

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE DÉCEMBRE 1917

Les 1, 2, 3, 4, 9, 15, 26, 29, 30 et 31, brouillard une partie de la journée.
le 10, brouillard toute la journée.
les 2, 3, 4, 26 et 29, très forte bise.
les 10, 16, 28 et 30, vent très fort.

GRAND SAINT-BERNARD — DÉCEMBRE 1917

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 ½		13 ½		21 ½		Dominant		Nébulosité 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm												
1	67.2	65.7	64.1	65.7	+ 3.8	63.2	70.1	SW	2	SW	1	SW	1	SW	1	10	10	10	10
2	61.8	61.2	61.1	61.4	− 0.5	60.1	63.2	NE	0	NE	2	NE	5	NE	3	10	10	10	10
3	61.6	63.1	64.8	63.2	+ 1.3	61.0	64.9	NE	4	NE	3	NE	5	NE	4	10	10	10	10
4	63.8	64.2	65.6	64.5	+ 2.6	63.6	66.2	NE	3	NE	4	NE	2	NE	3	10	10	1	7
5	67.1	67 7	69.5	68.1	+ 6.2	66.2	69.8	NE	1	NE	0	NE	1	NE	1	0	0	1	0
6	70.6	70.4	70.1	**70.4**	**+ 8.6**	69.8	**71.1**	NE	1	NE	1	NE	1	NE	1	1	1	0	1
7	69 5	69.1	68.2	68.9	+ 7.1	67.8	70.0	NE	0	NE	1	NE	2	NE	1	0	1	0	0
8	66.2	64.4	62.5	64.4	+ 2.6	62.0	67.8	NE	1	NE	1	NE	1	NE	1	2	0	0	1
9	60.0	58.6	59.0	59 2	− 2.6	58.2	62.0	SW	0	SW	1	SW	2	SW	1	0	2	10	4
10	59 3	59.5	61.5	60.1	− 1.7	58.8	61.9	SW	2	SW	2	SW	4	SW	3	10	10	10	10
11	63.1	63.4	63.6	63.4	+ 1.7	61.9	63.8	SW	1	SW	1	SW	0	SW	1	10	7	4	7
12	62.1	61.0	61.7	61.6	− 0.1	60.4	63.4	NE	0	NE	1	NE	1	NE	1	0	0	0	0
13	64.5	65.9	67.4	65.9	+ 4.2	62.2	68.0	SW	0	NE	0	NE	1	calme		0	0	0	0
14	69.4	70.0	70.0	69.8	+ 8.1	68.0	70.6	SW	0	NE	0	NE	0	NE	1	2	1	0	1
15	66.8	66.5	64.9	66.1	+ 4.5	64.6	69.5	NE	2	NE	2	NE	2	NE	2	10	10	0	7
16	60.4	57.6	53.9	57.3	− 4.3	53.4	64 6	SW	1	SW	2	SW	3	SW	2	1	10	10	7
17	52.4	53.1	54.7	53.4	− 8.2	52.2	55.5	SW	1	SW	2	SW	1	SW	1	10	10	10	10
18	58.7	61.3	64.4	61.5	− 0.1	55 5	64.8	SW	1	SW	2	NE	2	SW	1	10	10	10	10
19	66.1	66.2	66.6	66.3	+ 4.7	64.8	66.8	SW	1	SW	1	SW	2	SW	1	10	9	10	10
20	65.5	63.1	60.6	63.1	+ 1.5	60.1	66 5	SW	1	SW	1	SW	1	SW	1	10	6	0	5
21	58.0	57.8	57.4	57.7	− 3.9	57.0	60.1	SW	1	SW	0	NE	1	var.		2	5	8	5
22	57.5	58.0	58.6	58.0	− 3.5	57.3	58 8	NE	1	NE	1	NE	1	NE	1	4	3	0	2
23	58.8	58.9	59 9	59.2	− 2.3	58.5	60.2	SW	1	SW	1	SW	1	SW	1	0	0	0	0
24	60.1	61.1	61.4	60.9	− 0.6	60.0	61.5	NE	1	NE	1	NE	1	NE	1	3	0	0	1
25	59.9	55.8	51 9	55.9	− 5.6	50.7	61.2	NE	2	NE	3	NE	3	NE	3	10	10	10	10
26	48.8	47.5	48.1	**48.1**	**−13.4**	47.3	50.7	NE	4	NE	2	NE	4	NE	3	10	10	10	10
27	49.6	49.1	48.7	49.1	−12 4	48.4	50.2	NE	0	NE	1	NE	1	NE	1	0	0	1	0
28	47.3	50.7	54.5	50.8	−10.6	**47.1**	55.6	NE	1	SW	1	SW	3	SW	2	0	10	10	7
29	58.1	58.6	59.4	58.7	− 2.7	55.6	59.6	NE	2	SW	1	NE	4	NE	3	3	10	10	8
30	59.3	59.3	59.7	59.4	− 2.0	59.1	59 7	SW	3	SW	2	NE	1	SW	2	10	10	4	8
31	58.5	59.2	60.1	59.3	− 2.1	58.2	60.2	NE	0	SW	1	SW	2	SW	1	0	0	10	3
Mois	61.03	60.90	61.09	61.01	−1.31											5.1	5.6	5.1	5.3

GRAND SAINT-BERNARD — DÉCEMBRE 1917

Jour du mois	Température 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Fraction de saturation en % 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.	Min.	Max.	Pluie et Neige Ancien pluv. Pluie	Neige	Nouv. pluv. Pluie	Neige
	°	°	°	°	°	°	°							mm	cm	mm	cm
1	- 2.7	- 3.4	- 5.2	- 3.8	+ 2.9	- 5.6	- 2.0	97	95	95	**96**	94	99	4.3	6	4.8	8
2	- 6.4	- 6.5	-13.4	- 8.8	- 2.0	-14.0	- 6.0	92	86	88	89	81	96	**20.0**	21	**27.7**	27
3	-15.7	-15.2	-17.6	-16.2	- 9.3	-19.6	-14.2	90	90	88	89	84	95	3.0	5	13.0	11
4	-15.8	-14.2	-16.7	-15.6	- 8.6	-18.5	-13.0	89	89	87	88	71	94	4.0	6	8.8	9
5	-17.7	- 8.4	- 9.0	-11.7	- 4.7	-18.0	- 7.1	45	43	34	41	30	71	....	...	....	....
6	- 8.0	- 6.6	- 8.0	- 7.5	- 0.4	- 8.5	- 6.3	30	32	33	**32**	24	36	....	....	....	....
7	- 8.0	- 5.5	- 7.2	- 6.9	+ 0.3	- 8.6	- 5.1	60	65	70	65	30	74	....	....	....	....
8	- 7.0	- 6.0	- 7.4	- 6.8	+ 0.5	- 8.0	- 5.5	69	65	60	65	55	71	....	....	....	....
9	- 9.9	- 9.0	-10.2	- 9.7	- 2.3	-11.0	- 8.0	67	77	98	81	62	99	....	....	....	....
10	- 9.2	- 7.9	- 7.7	- 8.3	- 0.9	-11.0	- 6.5	95	95	95	95	94	96	3.8	6	6.7	10
11	- 7.0	- 4.9	- 5.3	- 5.7	+ 1.8	- 8.6	- 4.0	95	95	96	95	94	98	....	....	....	....
12	- 9.0	- 9.0	-13.7	-10.6	- 3.0	-14.8	- 6.0	99	97	80	92	74	100	....	....	....	....
13	- 9.4	- 4.6	- 5.0	- 6.3	+ 1.3	-14.8	- 4.1	70	51	45	55	40	78	....	....	....	....
14	- 2.2	1.0	- 2.6	**- 1.3**	**+ 6.4**	- 5.0	**1.3**	50	46	45	47	32	54	....	....	....	....
15	- 7.6	- 9.0	-10.2	- 8.9	- 1.1	-12.0	- 3.3	99	97	35	77	25	100	....	....	....	....
16	-10.4	-12.9	-14.5	-12.6	- 4.8	-15.2	- 9.5	40	97	96	78	**20**	98	3.5	8	5.6	12
17	-15.2	-13.2	-11.7	-13.4	- 5.5	-16.5	-10.1	95	95	95	95	93	97	8.0	**29**	14.1	**41**
18	- 9.4	- 7.2	- 6.7	- 7.8	+ 0.2	-12.5	- 6.0	96	96	95	**96**	95	96	5.6	9	7.4	12
19	- 6.6	- 5.9	- 7.5	- 6.7	+ 1.3	- 8.0	- 5.4	95	96	95	95	95	96	....	...	....	....
20	- 7.4	- 6.2	-10.2	- 7.9	+ 0.2	-10.4	- 5.7	96	92	77	87	66	96	.	....	....	....
21	-10.2	- 5.8	- 9.0	- 8.3	- 0.2	-11.2	- 5.0	65	35	88	62	28	94	....	....	....	....
22	- 9.2	- 3.4	- 9.1	- 7.2	+ 1.0	-10.0	- 2.2	82	72	67	74	60	93	....	....	....	....
23	-11.6	-10.7	-12.2	-11.5	- 3.3	-14.0	- 9.8	85	92	92	90	65	96	....	....	....	....
24	-13.7	-11.2	-13.6	-12.8	- 4.5	-14.2	-10.8	90	85	66	80	58	93	2.2	4	3.0	3
25	-11.6	-11.2	-16.2	-13.0	- 4.7	-16.5	-10.7	94	95	95	95	56	96	6.0	7	27.2	25
26	-19.7	-18.7	-19.8	-19.4	-11.0	-21.5	-15.0	95	95	90	93	84	97	4.0	5	11.1	12
27	-22.7	-21.4	-21.8	**-22.0**	**-13.6**	**-25.0**	-18.5	90	90	80	87	76	95	....	....	....	....
28	-17.0	-17.0	-17.7	-17.2	- 8.8	-22.0	-16.8	90	88	90	89	85	94	1.4	2	5.6	7
29	-16.8	-13.2	-12.2	-14.1	- 5.6	-19.0	-12.0	80	90	95	88	73	96	13.2	25	19.2	39
30	-12.2	-10.2	-10.0	-10.8	- 2.3	-13.0	- 9.5	95	95	94	95	93	96	6.0	9	9.7	21
31	-11.7	-11.0	-11.9	-11.5	- 2.9	-12.5	-10.0	95	88	95	93	85	97	2.1	4	3.7	6
Mois	-11.00	-9.30	-11.07	-10.46	-2.87	-13.53	-7.96	82	81	79	80			87.1	146	167.6	243

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD — DÉCEMBRE 1917

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + / Fraction de saturation en %

Heure	7 ½ mm	13 ½ mm	21 ½ mm	Moyenne mm	7 ½	13 ½	21 ½	Moy.
1re décade	64.71	64.39	64.64	64.58	73	74	75	74
2e »	62.90	62.81	62.78	62.83	83	86	76	82
3e »	55.99	56.00	56.34	56.11	87	84	87	86
Mois	61.03	60.90	61.09	61.01	82	81	79	80

Température

Heure	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne $\frac{7\frac{1}{2}+13\frac{1}{2}+21\frac{1}{2}}{3}$	Moyenne $\frac{7\frac{1}{2}+13\frac{1}{2}+2\times21\frac{1}{2}}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	−10.04	− 8.27	−10.24	− 9.52	− 9.70
2e »	− 8.42	− 7.19	− 8.74	− 8.12	− 8.27
3e »	−14.22	−12.16	−13.95	−13.44	−13.57
Mois	−11.00	− 9.30	−11.07	−10.46	−10.61

Dans ce mois l'air a été calme 151 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{85}{54} = 1.57$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	Grand St-Bernard Anc. P.	Grand St-Bernard Nouv. P.
Eau en mm . .	14.1	24.2	36.7	87.1	167.6
Neige en cm . .	16	31	44	146	243

LES ORIENTATIONS MOLÉCULAIRES

EN

PHYSIQUE ET EN CRISTALLOGRAPHIE

Esquisse sur une hypothèse féconde et ses conséquences [1]

Conférence [2] faite à l'assemblée générale de la Société helvétique des Sciences naturelles le 10 septembre 1917 à Zurich

PAR

Albert PERRIER

(Avec 1 fig.)

De même que l'art décoratif dans ses manifestations les plus raffinées utilise comme éléments de composition des figures simples tirées directement des objets qui nous environnent, figures géométriques, fleurs, d'autres encore, objets ou figures auxquels on peut remonter et qui sont plus ou moins recon-

[1] Extrait des *Verhandlungen der Schw. naturforsch. Gesellschaft*, 1917, II.

[2] Le lecteur voudra bien ne pas perdre de vue le but dans lequel cet article a été composé. La matière présentée à la Société helvétique n'a été développée dans le texte que sur quelques points de détail. Il ne s'agit ici en aucune façon d'un résumé de résultats sur le sujet choisi, mais plutôt d'une sorte de tableau dont doivent ressortir les idées directrices, ce qu'il y a en elles d'essentiel, ce qui est seulement accessoire. Que je n'aie pas suivi d'ordre chronologique, que je n'aie reproduit aucun calcul ni formule, que les citations bibliographiques soient très incomplètes, ce sont là conséquences naturelles que chacun comprendra.

naissables suivant le degré de raffinement ou l'imagination de l'artiste qui les a stylisés, de même le plus grand nombre de notions, d'images, d'hypothèses même des sciences exactes sont en dernière analyse tirées de façon plus ou moins inconsciente de ce qui nous environne immédiatement, et ces notions, je me permets de l'affirmer, en découlent directement; ce sont aussi, si je puis m'exprimer de la sorte, de simples stylisations.

Je vais vous en donner un exemple immédiat, un exemple concernant une conception des plus abstraites et des plus générales de la physique, et non seulement d'ailleurs de la physique de la matière pondérable, mais aussi de celle de l'espace vide: voici un morceau de bois, matière compacte et solide dans tous les sens; cependant le bûcheron qui l'a découpé, le praticien qui voudra l'utiliser, savent bien qu'il n'est pas indifférent de le placer dans telle direction que l'on voudra; lorsqu'on fera des poutres, on le prendra dans un certain sens, et pas dans un autre... Bref, dans ce bloc d'apparence égale partout, même si je le taille en une boule, même si recouvert d'une couche de vernis rien ne décèle extérieurement une face ou une autre, la matière dont il est constitué présente des directions particulières manifestées par des propriétés différentes des autres. Nous sentons bien là, sans nous le formuler exactement, ce que le naturaliste appelle des «directions privilégiées», et cette matière très homogène qui cependant se comporte de manière si variable suivant le sens dans lequel on l'utilise ou l'étudie, est dite *anisotrope.*

Considérons encore, de l'extérieur, de l'eau parfaitement pure dans un flacon de verre: le liquide pourra être parfaitement en repos ou être en mouvement de rotation sans que, à première vue, rien ne révèle une différence entre les deux états. Cependant, les propriétés prises dans leur ensemble sont profondément différentes: un corps quelconque placé dedans sera soumis à un entraînement, la lumière et la chaleur ne traverseront pas de la même manière dans toutes les directions, le flacon dans son ensemble posé sur une pointe restera debout, ni plus ni moins qu'une toupie.

Le seul mouvement de l'eau entraîne une foule de phénomènes jusque-là inexistants et qui sont tous caractérisés par certaines

directions privilégiées, dirons-nous encore ; nous avons ainsi créé un corps, un système *anisotrope.*

Entre le cas du bois avec sa direction des fibres et l'exemple de cette eau en mouvement la parenté des notions est évidente, on peut même dire qu'il y a identité au point de vue abstrait sous des apparences, avec des phénomènes différents. Ces deux milieux, bois et eau, sont tous deux anisotropes ou comme je dirai aussi *dissymétriques,* par opposition à un bloc de ciment, à une boule pleine de farine ou d'eau en repos parfait; tous ces corps sont semblables à eux-mêmes dans toutes les directions et constituent des *milieux isotropes.*

Eh bien, ces questions d'anisotropie et d'isotropie que nous venons de nous assimiler si facilement sur ces corps particuliers, nous n'avons, comme l'artiste, qu'à les généraliser, à les affiner, à les styliser, pour acquérir une des notions les plus fondamentales de toutes les sciences physiques : tout milieu dans lequel un phénomène de nature quelconque ne se produit pas avec une intensité identique dans toutes les directions est un milieu *anisotrope pour ce phénomène ;* nous ne sommes donc plus attachés à un corps tel que le bois dont l'anisotropie est de par sa constitution fibreuse pour ainsi dire directement visible, plus attachés à un système tel que notre liquide tournant où les effets dirigés sont avant tout mécaniques ; non, tout corps dont les propriétés optiques, magnétiques, électriques, élastiques, que sais-je, dépendent des directions est anisotrope optiquement, magnétiquement, etc.

Et toutes ces anisotropies peuvent d'ailleurs parfaitement exister simultanément et notre corps être dissymétrique par toutes ces propriétés à la fois.

Reprenons encore nos deux corps typiques, le morceau de bois et l'eau, mais ayant une intention d'analyse plus serrée, nous mettrons en regard l'une de l'autre leurs deux anisotropies, l'une qui reste semblable à elle-même en toutes circonstances, qui est définitive, qui tient à la structure même et à l'origine de la substance, celle du bois ; l'autre qui au contraire n'est en aucune façon une qualité de l'eau par elle-même, mais que celle-ci a *acquise* par une action extérieure particulière, sa mise en mouvement ; mieux encore l'anisotropie ainsi acquise est

variable, elle peut s'accentuer à volonté. Et nous gagnons par là l'idée d'une classification simple des diverses dissymétries que la nature nous permet d'observer : les *anisotropies naturelles,* par leur essence préexistantes et peu variables. et les anisotropies dites *accidentelles* provoquées à notre gré sur des corps isotropes par des agents qui dépendent de nous, phénomènes que, dans les limites de puissance de ces agents, nous avons la faculté de faire varier et qui disparaissent en général avec la cause excitatrice.

La première catégorie, puisque naturelle, s'est révélée aux savants bien avant l'autre, elle comprend cela va de soi les propriétés des milieux cristallins, anisotropes par essence; quant aux anisotropies provoquées ou temporaires, elles ont dû être découvertes à grand'peine, apparurent très isolément, et ce n'est que dans les cinquante dernières années, avec l'étude systématique des actions des champs électrique et magnétique, que la liste s'en est réellement enrichie, elle s'enrichit d'ailleurs chaque jour davantage : qu'il me suffise de rappeler qu'elle comprend entre autres phénomènes ceux de l'électrooptique et de la magnétooptique pour appuyer cette assertion. Et on peut bien dire aujourd'hui que l'étude générale des anisotropies se confond dans une large mesure avec la cristallographie et la physique elles-mêmes.

Et parallèlement à cette multitude de lois et de faits, on a cherché leur explication dans nombre d'hypothèses et de théories sur la structure de la matière : telles doivent rendre compte de la biréfringence, telles autres de l'élasticité, d'autres encore du magnétisme, des dilatations et ainsi de suite. Mais cependant, nous l'avons vu, les notions d'anisotropie sont sensiblement identiques sous leurs aspects variés, et tout spécialiste qui a eu l'occasion de s'occuper de ces phénomènes sait que ses connaissances spéciales n'étaient nécessaires que pour les points de départ et l'interprétation des résultats, que dans les raisonnements qu'il a faits les images qui ont aidé son cerveau ne différaient pas beaucoup de celles d'un morceau de bois ou d'un liquide en mouvement; et il serait dès lors bien surprenant que les images fondamentales invoquées par les théories ne fussent pas étroitement apparentées.

De fait aucun domaine des sciences naturelles n'offre, à ma connaissance, d'illustration plus typique de cette nécessité logique que celui qui nous occupe. Si l'on s'en tient à l'ensemble de la molécule, on peut dire que deux hypothèses fondamentales seulement ont suffi jusqu'ici pour rendre compte des anisotropies de la matière, ce sont :

I. — Les réseaux moléculaires (Bravais).

II. — Les orientations moléculaires.

On connaît généralement l'hypothèse des réseaux. On sait ses succès, on se souvient en particulier des retentissantes confirmations expérimentales qu'elle a vécues depuis cinq ans avec les travaux de Laue, W. L. & W. H. Bragg, de Broglie, Debye et leurs collaborateurs sur la diffraction et les interférences des rayons X ; on sait aussi inversement quels remarquables progrès elle a fait faire à la connaissance profonde et aux applications de ces rayons ; les réseaux moléculaires appartiennent maintenant aux connaissances les mieux assises sur la structure de la matière solide et je puis me dispenser de m'y arrêter.

Par contre nous allons faire de la seconde l'objet précis de notre causerie ; je me propose de vous montrer combien naturellement elle est suggérée par la notion même de l'anisotropie, puis quel a été son rôle dans le développement de la physique moléculaire et les formes diverses qu'elle a revêtues soit en cristallographie, soit en physique pure ; nous verrons combien elle s'est révélée commode et puissante en face des anisotropies naturelles comme des anisotropies provoquées. Nous la verrons envahir successivement les domaines les plus divers et y apporter des lumières nouvelles. En parcourant les phénomènes qu'elle a expliqués, ceux qu'elle a fait prévoir et découvrir, ceux qu'elle fait déjà présumer, nous nous convaincrons de son extrême fécondité. Nous rencontrerons des domaines où sa réalité profonde est hors de doute, d'autres enfin où introduite tout récemment, elle n'apparaîtra que comme un instrument provisoire de travail ; en ces divers stades elle a sans cesse contribué à mettre au jour des connaissances nouvelles sur les molécules elles-mêmes. A tout cela nous reconnaîtrons les marques d'un instrument de raisonnement scientifique de tout premier ordre qui, en dépit de son âge déjà respectable puisqu'il date dans sa première

forme précise de quelque 60 ans déjà, est plus moderne que jamais dans le meilleur sens du terme puisqu'il n'a jamais été si utilisé que depuis dix ans ; et qui en outre rend possible l'explication par une même notion de quantité de phénomènes différents. Et cela justifiera, je l'espère, ma tentative d'aujourd'hui : *une esquisse d'ensemble de physique vue sous un angle particulier.*

En quoi consiste donc cette hypothèse ?

Notre morceau de bois va nous le suggérer de façon immédiate. Voilà un corps qui se comporte différemment dans une direction ou dans l'autre... Grâce à quoi ? — A ses fibres évidemment... ce qui veut dire que ce corps, homogène à premier examen, est en réalité constitué par des éléments allongés et sensiblement placés dans une *direction parallèle,* qui est une *direction privilégiée.* Imaginons cependant que nous soyons des géants de taille immense dont les yeux auraient par exemple la dimension de notre terre : les fibres du bois ne continueront-elles pas à jouer le même rôle et le bois en sera-t-il moins anisotrope ? Non, mais les géants constateront seulement la dissymétrie et n'en *verront* pas la cause structurelle. Changez d'échelle : les cristallographes constatant sur leurs cristaux des directions ou des faces de propriétés particulières sont dans la situation des géants par rapport au bois, ils sont conduits tout naturellement à reporter ces dissymétries jusqu'aux éléments ultimes de constitution, les molécules, qui cette fois joueront le rôle de nos fibres ou fragments de fibres. Cette simple conception a été au fond exclusivement celle des cristallographes depuis plus de cent ans ; pour eux les molécules orientées sont une notion beaucoup plus géométrique que physique ; ils diront par exemple : si toutes les molécules ont la forme de pyramides identiques et arrangées dans un réseau [1], les éléments correspondants étant tous tournés

[1] J'ai utilisé ici et ailleurs pour aider l'exposé oral la projection de diapositifs appropriés ; je ne les ai pas reproduits dans ce texte, pensant qu'ils sont superflus à la lecture. — De même, à propos des théories du magnétisme, j'ai projeté deux ensembles de petites boussoles identiques simulant les molécules, l'un avec une répartition quelconque, l'autre avec une répartition en réseau quadratique donnant une réalisation des direc-

dans le même sens, les différentes faces du cristal ainsi constitué présenteront des propriétés différentes, de même qu'un bloc formé de grains de blé placés tous parallèlement sera plus rugueux ou même plus dur sur les faces présentant des pointes que sur les autres.

Et nous trouverons d'ailleurs fort naturel que la cristallographie se soit contentée de cette conception géométrique et statique des orientations, si nous nous rappelons les buts qu'elle poursuit avant tout, d'abord la connaissance des formes extérieures et des propriétés optiques, choses qui se laissent le mieux du monde *décrire* au moyen de notions géométriques, et d'autre part, en ce qui touche la structure matérielle, elle était surtout préoccupée de rechercher les figures que forment les réseaux de molécules pour chaque cristal et non pas les propriétés de structure même de la molécule. Or qui dit orientations perceptibles à l'extérieur dit en même temps dissymétrie dans l'édifice moléculaire lui-même, et ce sont surtout les physiciens que préoccupent ces problèmes intra-moléculaires. D'ailleurs les cristallographes ont envisagé jusqu'ici extrêmement peu les forces qui maintiennent l'édifice des réseaux et par suite aussi fort peu les propriétés des molécules elles-mêmes. Laissons donc là pour quelques instants les idées des cristallographes, auxquelles d'ailleurs nous allons bientôt revenir par un chemin détourné, et voyons ce qui se passait pendant la même période dans le camp des physiciens.

C'est à dessein et je crois à juste titre que je sépare ces deux développements d'une même théorie, l'un en cristallographie, l'autre en physique. Car d'abord ces deux ordres de recherches, bien que s'appliquant à des problèmes apparentés, se sont poursuivis *en réalité* de façon indépendante, s'ignorant presque complètement, aussi étrangers que les eaux de deux fleuves provenant du même massif, coulant vers la même mer, mais

tions d'aimantation naturelle. Ces deux démonstrations ne sont que des variantes des très suggestives expériences de MM. C.-E. Guye et L. de la Rive [*Arch.* *1909*, vol. 28, p. 105] à la description desquelles je renvoie. J'exprime à cette occasion mes meilleurs remerciements à mon collègue et ami, M. Guye, qui a mis à ma disposition avec la plus grande amabilité toutes les boussoles nécessaires.

dans deux bassins différents ; et d'autre part, la nature des questions était à peu près séparée par le classement même que nous avons rencontré, l'anisotropie naturelle s'offrant elle seule à la curiosité des cristallographes, les anisotropies temporaires ayant au contraire occupé presque exclusivement les physiciens. Enfin les explications étant bien nettement délimitées des deux côtés, nous pourrons mieux apprécier à sa juste valeur la théorie qui, pour la première fois, a réussi à expliquer par un même mécanisme de façon précise et claire des anisotropies accidentelles et des anisotropies naturelles.

D'emblée, le premier phénomène qui suggéra pour son explication l'hypothèse des orientations aux physiciens est une anisotropie temporaire : le phénomène de l'*aimantation*. Un corps aimanté est en effet, au sens que j'ai choisi, le siège d'une anisotropie accidentelle que l'on peut provoquer ou détruire à volonté, que l'on peut augmenter ou diminuer.

On sait comment Weber interpréta vers 1850 ce phénomène : par opposition à Poisson qui en 1821 admettait que, sous l'influence d'une force magnétique extérieure, chaque molécule *devient* un petit aimant, il supposa au contraire qu'en tout état d'un corps aimantable ses molécules sont d'avance un aimant permanent, un corps possédant les deux pôles sud et nord. Si cependant toutes les positions sont représentées, nulle part, en aucun point de sa surface, le corps n'apparaîtra plus positif que négatif, il sera *neutre*. Vienne une action extérieure, si les molécules jouissent d'une certaine mobilité en dépit de la structure du corps, elles se tourneront peu à peu dans le même sens et peu à peu l'un des côtés deviendra positif, l'autre négatif. Plus l'action directrice deviendra énergique, plus le parallélisme des directions sera complet, et plus le corps sera aimanté. La force extérieure disparaissant, nos petits aimants reprennent plus ou moins leurs anciennes positions, le corps demeure plus ou moins aimanté.

Nous touchons là du doigt dès le premier examen le contraste avec la conception des cristallographes d'après laquelle on n'envisage que des molécules toutes orientées complètement ou pas du tout ; ici rien de cela, les molécules sont mobiles, pas du tout

alignées en réseaux. et plus ou moins orientables à volonté; dans les deux cas on postule cependant de toute nécessité une *dissymétrie dans la molécule elle-même.* Nous avons gagné par là une image extrêmement simple pour expliquer les dissymétries variables d'un ensemble; en fait, perfectionnée dans les détails, l'hypothèse de Weber guida avec succès les recherches magnétiques pendant une cinquantaine d'années, mais cependant dans le champ restreint du ferromagnétisme, et même ici on dut se contenter d'explications qualitatives.

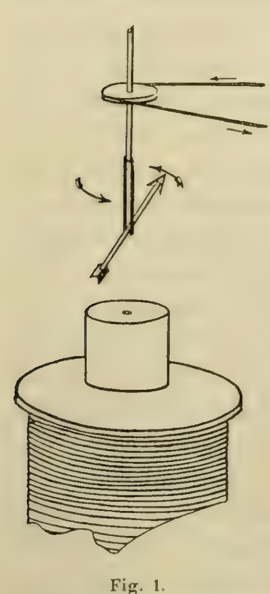
Un progrès énorme fut réalisé il y a douze ans, marquant une nouvelle étape dans la théorie des orientations temporaires; il permit tout d'abord l'explication quantitative du paramagnétisme, puis rendit possible d'étonnantes généralisations à des phénomènes en apparence singulièrement éloignés : je veux parler de l'introduction de ce que les physiciens appellent l'*agitation thermique.*

On est obligé d'admettre aujourd'hui que les molécules sont douées de mouvements perpétuels extrêmement variés, capricieux, rapides, même violents; dans les gaz et les liquides, ils sont maintenant démontrés directement par le mouvement brownien entre autres; dans la matière solide, si nous sommes obligés d'exclure les mouvements de translation, tout porte au contraire à penser que les molécules ne sont pas moins secouées par des oscillations ou des rotations que dans les gaz. Et tout ce désordre est dominé par une grande loi : *l'énergie de ces mouvements est proportionnelle en première approximation à la température absolue.* En langage moins abstrait, les molécules d'un corps sont d'autant plus violemment agitées qu'il est plus chaud.

A la suite de M. Langevin attribuons cette propriété [1] supplémentaire à nos petits aimants moléculaires. Nous nous représenterons sans peine l'allure générale des phénomènes : une molécule ne se trouvera dans une direction donnée qu'un instant très court, elle passe successivement et sans régularité par toutes les directions possibles, et nous pourrons dire que dans l'ensemble cette agitation thermique produit un *brassage* per-

[1] Langevin, *Ann. Chim. et Phys.* (8) 5, (1905), p. 70.

pétuel des diverses directions, tendant à détruire sans cesse tout ordre établi temporairement même dans un corps solide; un corps aimanté tendra donc toujours de lui-même à se désaimanter; il faudra par conséquent l'action ininterrompue d'une forme extérieure pour maintenir une certaine orientation *moyenne* et on pourrait caractériser ce jeu des forces de la nature par une lutte sans trêve entre les puissances de l'ordre — les agents d'orientation qui peuvent être encore autre chose que des champs magnétiques — et la puissance du désordre qu'est l'agitation thermique. Enfin les orientations seront d'autant plus complètes en moyenne que l'agent d'ordre est plus puissant, d'autant moins au contraire que l'agitation est plus violente, c'est-à-dire *que la température est plus élevée* [1]. Et ainsi Langevin trouve une explication remarquablement claire de la loi de Curie exprimant que la susceptibilité paramagnétique est inversement proportionnelle à la température absolue.


Fig. 1.

Comme mon but n'est pas de vous entretenir particulière-

[1] Pour illustrer de la façon la plus directe l'effet de l'agitation thermique, je me suis servi de l'expérience suivante qui se projette très bien devant un nombreux auditoire et qui m'est venue à l'esprit en parcourant les recherches magnétocinétiques de M. H. du Bois [*Acad. Amsterdam,* 10 (1902), p. 415 et 506] : Une petite flèche d'acier aimantée (figure 1) peut pivoter en son milieu dans un étrier qui lui permet de prendre toutes les positions entre 0° et 180° dans un plan vertical. L'étrier lui-même forme l'extrémité d'un axe vertical auquel une commande quelconque imprime une vitesse de rotation variable à volonté. La flèche se trouve en même temps dans le champ d'un pôle d'électro-aimant placé au-dessous. Il est manifeste que l'action du champ et celle de la rotation seront antagonistes et que la flèche décrira un cône dont l'ouverture croît avec le nombre de tours et diminue lorsque le champ augmente. La réussite nette de cette expérience nécessite une mise au point assez soignée.

ment de magnétisme, je ne fais que noter au passage que cette théorie a suscité et guidé en quelques années un ensemble de travaux imposant par leur nombre, mais plus encore par leur richesse en résultats soit phénoménologiques, soit sur le monde moléculaire [1]. Nous allons d'ailleurs les retrouver.

Laissons donc provisoirement de côté le magnétisme et jetons les yeux sur un domaine complètement étranger au premier abord : les anisotropies optiques, anisotropies accidentelles bien entendu ; on sait depuis longtemps déjà que des corps parfaitement isotropes par eux-mêmes (tel le verre) peuvent temporairement présenter de la biréfringence, se comporter donc comme des corps cristallisés ; on peut provoquer ce phénomène simplement par exemple en déformant le verre. Or, il est possible d'observer semblables modifications de la matière par un moyen purement *électrique :* du verre, de nombreux liquides, quelques gaz, interposés entre deux nicols croisés à extinction, rétablissent la lumière et produisent des franges d'interférences lorsqu'on fait agir sur eux les pôles d'une machine électrique de haut voltage. Ces corps deviennent donc temporairement biréfringents et la direction de la force électrique, du champ, est la direction privilégiée jouant le rôle d'axe d'un cristal. Telle est la belle découverte de Kerr, découverte vieille d'une trentaine d'années déjà ; je vais revenir sur son explication, mais je préfère indiquer immédiatement à la suite le phénomène parallèle produit par les forces magnétiques cette fois. Remplaçons simplement les pôles de la machine électrique par ceux d'un puissant électro-aimant et de nouveau une série de corps isotropes prennent les propriétés optiques d'un cristal à un axe, l'axe étant la direction du champ magnétique ; cette action a été découverte beaucoup plus récemment par Majorana sur des solutions colloïdales de sels de fer. Ces phénomènes demeurèrent presque isolés aussi longtemps qu'on n'eut pas trouvé une explication qui les reliât commodément, bien qu'on ait proposé des théories intéressantes qui s'adressaient soit à l'intérieur de la

[1] Voir en particulier les recherches sur le pramagnétisme de H. du Bois, G. Foëx, K. Honda, H. Kamerlingh Onnes, W. H. Keesom, E. Oosterhuis, M. Owen, A. Perrier, P. Weiss, etc.

molécule exclusivement, soit à des formations rudimentaires de réseaux.

MM. Cotton et Mouton[1], dans une série remarquable de recherches de plusieurs années, choisirent pour se guider l'hypothèse ici entièrement nouvelle des orientations, orientations soit des granules en suspension des colloïdes, soit des molécules elles-mêmes pour les liquides purs. Ainsi, pour ces auteurs, le champ électrique comme le champ magnétique produisent le même effet sur les molécules, un changement moyen et faible de direction, l'effet optique est une répercussion secondaire de cette orientation ; et l'on ne s'étonne plus qu'il se manifeste de la même façon dans ces deux cas cependant si différents ; une théorie complète sur la base de cette hypothèse a été publiée plus tard par Langevin[2].

Les travaux de Cotton et Mouton ont mis au jour un nombre imposant de faits nouveaux et de lois claires ; la découverte de la biréfringence magnétique de nombreux liquides purs et en particulier de ceux de la série aromatique suffirait déjà à les classer et à classer aussi la fécondité de la théorie qu'ils ont adoptée ; aucun de ces résultats n'est en désaccord avec elle, nombreux sont ceux qui en sont des appuis très sûrs ; je cite seulement ce point qui, fondamental, reviendra incessamment dans nos considérations : celui de l'affaiblissement du phénomène avec l'accroissement de la température que fait prévoir comme pour le magnétisme l'agitation thermique. Et les questions posées par la théorie sont maintenant l'objet d'une quantité de travaux dans les laboratoires de l'Ancien et du Nouveau Monde. D'autre part, il est évident que toutes ces acquisitions de faits ont contribué à enrichir nos connaissances sur la structure des molécules et ce chapitre-là plus que d'autres, car si les orientations interviennent dans la biréfringence, la molécule doit de toute nécessité présenter à la fois des dissymétries électriques, magnétiques et optiques ; la mesure des phénomènes permettra donc de mesurer ces divers caractères et de s'approcher de leurs causes.

[1] Cotton et Mouton, *Ann. Chim. et Phys.* 11 (1907), p. 145 et 289 ; Idem, 19 et 20 (1910), p. 194.

[2] Langevin, *Radium* 7 (1910), p. 249.

Je crois nécessaire de noter ici combien il a fallu faire preuve d'intuition et d'audace pour appliquer une théorie semblable dans son idée directrice à celle du magnétisme à des substances (composés organiques en particulier) dont les réactions proprement magnétiques sont à peu près imperceptibles, et plus encore, puisque diamagnétiques, sont précisément *l'inverse* de celles que présentent le fer et ses composés.

Et cette audacieuse intuition nous aplanit une voie où l'on pouvait hésiter à s'engager, l'explication de l'analogie électrique exacte de l'aimantation par influence, la polarisation des diélectriques; car en effet, admettre pour la biréfringence électrique un parallélisme de particules électriquement dissymétriques revient au fond à remplacer dans la théorie du magnétisme les pôles magnétiques des molécules par des charges électriques et par suite à provoquer sur la surface du corps l'apparition de charges *électriques;* nous avons du même coup, consciemment ou non, introduit les orientations dans la théorie des diélectriques. Cette idée a été poursuivie par le calcul indépendamment par MM. P. Debye et J. J. Thomson[1]. Cependant cette adaptation de la théorie du magnétisme est plus compliquée que cette dernière car ici la théorie de Poisson, modernisée par Lorentz, contient certainement une part de vérité: la polarité des molécules dépend de l'action extérieure et ce que l'on obtient est l'effet résultant de celui-ci et des orientations. Il n'est pas encore permis actuellement d'affirmer que cette théorie récente soit applicable dans un grand nombre de cas, mais elle a seule rendu compte jusqu'ici des variations thermiques des constantes diélectriques, a suscité quelques travaux intéressants et va en susciter beaucoup dont le premier but sera de décider de sa légitimité.

Avant d'introduire dans la théorie une nouvelle hypothèse et de nous aventurer dans des considérations plus complexes, donnons un coup d'œil en arrière. L'histoire du développement *physique* que nous venons de parcourir s'étend sur quelque 60 ans: nous nous sommes contenté d'en marquer les étapes

[1] Debye, P. *Phys. Zeitschr.*, 13 (1912), p. 97.
Thomson, J. J. *Phil. mag.* (6), 27 (1914), p. 757.

principales par quatre groupes de phénomènes qui se présentent avec le caractère commun *d'anisotropie temporaire provoquée soit par le champ magnétique soit par le champ électrique.* Et les théories invoquées pour leur explication contiennent une hypothèse commune au moins, l'orientation incomplète et variable des molécules. Outre la clarté et l'élégance des explications ainsi obtenues, nous avons pu soupçonner par la diversité même des applications, la richesse des résultats, lois ou faits expérimentaux obtenus en se laissant guider par ces théories; les aperçus sur les édifices moléculaires eux aussi sont apparus en quantité. Cependant les étapes n'ont pas été réparties régulièrement dans le temps. 50 ans durant, l'hypothèse ne s'est guère appliquée qu'au ferromagnétisme : ce n'est guère que depuis une dizaine d'années que toutes les extensions ont été possibles et fécondes, depuis l'introduction de l'agitation thermique, c'est-à-dire la création de théories cinétiques dérivant de la *mécanique statistique.* Cette extension marque par elle-même une date importante de la physique théorique, mais elle fait mieux comprendre aussi, par la difficulté mathématique de ces théories, pourquoi les cristallographes et les physiciens sont demeurés si séparés dans la mise en valeur d'un domaine qui leur est propriété commune.

Cependant entre ces deux sortes de recherches, entre ces deux bassins fluviaux comme je disais plus haut, un premier et large canal a été creusé il y a une dizaine d'années par lequel leurs eaux peuvent communiquer et se mêler: en 1907, M. P. Weiss publiait sa théorie du *champ moléculaire* et de *l'aimantation spontanée*[1]. Arrêtons-nous à ces notions entièrement nouvelles et inattendues à leur apparition.

Il faut chercher l'origine de cette théorie à la fois si logique et si audacieuse dans une longue série de recherches cristallo-magnétiques du même auteur sur la pyrrothine en particulier qui le conduisirent finalement à admettre contre toutes les apparences connues jusqu'alors que les *éléments cristallins suffisamment petits ne peuvent être aimantés qu'à un seul degré, le maximum, la saturation;* toute autre valeur de l'aimantation

[1] Weiss, P. *Journ. de Phys.* (4). VI (1907), p. 661.

est impossible, même sous une force influençante nulle et cet état a été caractérisé par le terme frappant *d'aimantation spontanée*. Peu de temps après, ces notions curieuses exprimées, tout d'abord sous une forme purement géométrique, trouvaient leur consécration et leur explication dans la *théorie du champ moléculaire* du même physicien. Celle-ci greffe, comme on sait, sur la théorie cinétique du paramagnétisme de Langevin les actions des molécules les unes sur les autres qu'elle suppose avoir le même effet qu'un champ magnétique, extrêmement intense d'ailleurs, proportionnel au degré d'aimantation atteint ; le résultat est une aimantation énorme, *l'aimantation spontanée* précisément, qu'aucune force que nous sachions produire n'est capable d'augmenter notablement ; c'est donc la *saturation.*

Mais cela ne veut en aucune façon dire que toutes les molécules soient parallèles, il s'agit bien d'un équilibre *moyen* entre l'effort directeur des forces intermoléculaires et l'effet antagoniste de nous maintenant bien connu de l'agitation thermique. Les conséquences les plus immédiates de cette théorie s'en déduisent sans difficultés: sans que les molécules soient modifiées, l'aimantation spontanée doit toujours diminuer par le chauffage et plus encore *doit disparaître à une certaine température:* ce sont des faits que les expériences avaient mis depuis des années en évidence pour tous les corps ferromagnétiques et qui étaient demeurés des énigmes; Curie seul avait soulevé auparavant un coin du voile qui recouvrait leur origine profonde. Par là, l'extension de cette théorie à tous les corps ferromagnétiques et non plus seulement à la pyrrothine où l'application en est évidente apparaissait comme une nécessité.

D'ailleurs, immédiatement, cette nouvelle théorie du ferromagnétisme donnait mieux encore la mesure de sa valeur et de sa fécondité en posant une série de questions expérimentales nouvelles et faisant prévoir de nombreux phénomènes pour la plupart insoupçonnés. Et une brillante série de recherches expérimentales en sortirent dont un résumé aurait sa place tout naturellement marquée ici et eût été la plus éloquente démonstration possible de ce que j'avance, si la voix autorisée de celui qui les a dirigées ne les avait exposées à notre assemblée géné-

rale d'Altorf[1]; je dois donc me borner à rappeler leurs résultats saillants: les variations des chaleurs spécifiques, leurs discontinuités en particulier, l'analyse de la structure des alliages métalliques où entrent des corps ferromagnétiques et la découverte de nouvelles combinaisons dans ces alliages, les valeurs des saturations absolues (aux températures extrêmement basses), les lois remarquables et étranges sur les susceptibilités dites «initiales», la rationalité des moments magnétiques moléculaires et le magnéton, d'autres encore.

Depuis lors la poursuite quantitative des conséquences de cette théorie m'a donné la première image théorique claire des fonctions thermomagnétiques dans des champs quelconques et inversement il en est sorti une nouvelle série d'observations à lois remarquablement simples dans des régions où tout semblait obscur[2].

Je souligne seulement que cette moisson d'une dizaine d'années est riche aussi bien en lois phénoménologiques qu'en renseignements sur les constructions moléculaires, que d'autre part elle comprend de nombreux résultats qui sortent du cadre strict du magnétisme (chaleurs spécifiques, alliages).

Cependant, gardons-nous de perdre de vue au milieu de ces nouvelles recherches dont l'ensemble est si ample et si varié nos buts généraux. Considérons encore une fois cette notion physique qui a joué dans tous ces travaux le rôle prépondérant, qui a été la lumière évitant aux chercheurs les tâtonnements infructueux dans le choix des questions, qui leur a permis enfin l'interprétation claire des résultats, l'aimantation spontanée; mais considérons-la d'un point de vue moins particulier. Un fragment de matière spontanément aimanté, c'est, n'est-ce pas, tout simplement un corps dont toutes les molécules sont tournées de préférence dans une même direction et cette orientation est naturelle, elle subsiste en l'absence de tout agent extérieur; vous avez tous reconnu là *une réalisation concrète et vérifiée de*

[1] Weiss, P. *Arch. 1912*, vol. 34, p. 98, aussi *Verh. Schw. Nat. Ges.*, 1912, II, p. 59.

[2] Perrier, Alb. *Arch. 1909*, vol. 28, p. 5, 119, 237; *id. 1913,* vol. 34, p. 360.

Perrier, A. et Balachowsky, G. *Arch. 1916*, vol. 42, p. 321.

l'hypothèse abstraite de la cristallographie, et j'étais fondé par conséquent à exprimer que cette aimantation spontanée est le premier trait d'union entre la cristallographie géométrique et les anisotropies des physiciens.

Mais combien cette nouvelle forme de l'hypothèse n'est-elle pas plus précise, plus perfectionnée et plus profonde : la dissymétrie représentée par les pôles magnétiques n'est plus une conception plus ou moins géométrique, elle est connue, elle a pu être mesurée, on sait le moment de ces pôles ; en outre on sait dans les grandes lignes comment agissent les forces qui maintiennent ainsi les molécules ; on sait ensuite, progrès énorme, que cette orientation n'est qu'une manifestation moyenne, chaque molécule étant en mouvement ; on a enfin quelques données sur les lois de ce mouvement et, comme suite de ces connaissances en partie certaines, on sait par quels agents extérieurs l'anisotropie ainsi résultante peut être modifiée, on peut prévoir dans quel sens et de combien...

Malheureusement il apparaît que nous sommes très vite limités dans l'étendue d'application de cette théorie et cela par la nature des choses : préciser des hypothèses permet souvent, nous l'avons vu ici, de tirer de l'expérience des résultats plus riches et de les tirer plus directement, mais en tout état de cause cela limite d'autant le domaine d'applications : de fait l'aimantation spontanée, caractéristique du ferromagnétisme, n'a de signification que pour le très petit nombre de cristaux de fer, nickel, cobalt et autres qui possèdent cette propriété.

Mais si grands ont été les progrès acquis en peu de temps, si séduisante est cette théorie, et d'autre part si générale et indispensable est la notion cristallographique de l'orientation que l'idée d'une vaste extension va s'imposer à notre esprit et que nous ne pourrons y renoncer qu'à grand'peine ; d'autres phénomènes d'anisotropie naturelle, d'anisotropie cristalline peuvent-ils s'expliquer également par des orientations spontanées d'un mécanisme semblable à celui rencontré par le magnétisme ? Et plus généralement encore tous les cas d'orientation invoqués par les cristallographes pourront-ils peut-être se ramener à une théorie unique coïncidant quant à sa forme avec celle du magnétisme, c'est-à-dire où interviendraient de la même façon

l'agitation thermique et son corollaire, une orientation moyenne stable, mais où seraient différentes la nature de la dissymétrie moléculaire et celle des forces mutuelles directrices des molécules ? Notons que si la réponse devait être positive elle constituerait en particulier un progrès énorme dans le sens de l'unification des théories des anisotropies temporaires et des anisotropies des cristaux.

Je vais essayer de donner quelques réponses nouvelles à ces questions brûlantes, quelques réponses partielles et non pas *la* réponse, car nous entrons ici dans des domaines de recherches des plus récents, dans des régions où l'on utilise comme on dit des « hypothèses de travail » sans se rendre compte encore dans quelle mesure elles supporteront l'épreuve de l'expérience, dans des régions où les quelques chercheurs qui les explorent sont loin d'être d'accord sur la valeur des outils théoriques qu'ils utilisent respectivement.

Considérons dès l'abord un phénomène singulièrement éloigné en apparence de ceux qui nous intéressaient jusqu'ici : le courant électrique à travers un conducteur métallique ; son interprétation moderne dans la théorie des électrons a revêtu deux formes différentes.

L'une presque uniquement admise sur le continent (Drude, Lorentz, Riecke) et calquée sur la théorie cinétique des gaz, nous intéresse au point de vue où nous nous plaçons beaucoup moins que l'autre, celle de M. J.-J. Thomson, dont voici l'idée générale : le courant électrique est un perpétuel passage d'électrons négatifs des molécules à leurs voisines ; cependant celles-ci, à la manière de petits canons, ne projettent leurs électrons que dans des directions particulières et par suite il ne peut y avoir *courant* dans un sens déterminé que lorsque les molécules sont orientées de préférence dans ce sens, le courant est d'autant plus intense que cette orientation est plus complète. Pour comprendre la loi d'Ohm, il suffit d'admettre que les molécules ont chacune deux pôles électriques positif et négatif et que par conséquent un champ électrique (provenant de la différence de potentiel) tend à faire tourner, à braquer ces petits canons ; d'autre part l'agitation thermique produit un dérangement

continuel des directions, et nous trouvons ainsi de la façon la plus immédiate l'augmentation bien connue de la résistance métallique avec la température ; dans un tout autre ordre d'idées c'est au fond un raisonnement analogue à celui de Langevin pour le magnétisme.

Cependant, sans nous arrêter à des objections possibles, poursuivons des considérations analogues à celles déjà vues plus haut, imaginons des actions mutuelles des molécules suffisantes pour qu'au-dessous d'une certaine température elles s'orientent *d'elles-mêmes* énormément... nous serons tentés de reculer devant la conclusion stupéfiante qui en découle, celle-ci : *un fil pourrait être le siège d'un courant électrique sans cause pour l'entretenir, sans dépense continue d'énergie,* sa résistance serait *nulle !* Or, cet étonnant résultat, il a déjà été observé bien avant qu'on le prévoie : la retentissante découverte des supraconducteurs par M. Kamerlingh Onnes est dans toutes les mémoires des physiciens, on sait maintenant que certains métaux rigoureusement purs, le mercure par exemple, n'opposent plus de résistance perceptible au passage du courant lorsqu'ils sont refroidis à quelques degrés du zéro absolu. Et de fait M. J.-J. Thomson[1] lui-même a publié il y a peu de temps une étude quantitative de la conduction sur ces bases.

Bien entendu il n'est absolument pas démontré que les choses se passent ainsi, mais précisément cette incertitude peut souligner la fécondité et la commodité de ces interprétations qui font apparaître presque tout naturels des faits encore incompréhensibles dans toute autre théorie actuellement connue. Et nous rencontrons en outre ici un bel exemple d'une explication commune à des phénomènes d'anisotropie, l'une temporaire et variable, l'autre stable, car, et il n'est peut-être point inutile de le remarquer, un conducteur parcouru par un courant a une direction privilégiée et est un système anisotrope au sens où nous l'avons entendu jusqu'ici.

De cette fantastique conductibilité de la matière transportons-nous d'un seul bond à ces propriétés électriques qui sont à l'autre extrême, aux phénomènes des parfaits isolants. J'ai

[1] Thomson, J. J. *Phil. mag.* (VI), 30 (1915), p. 192.

esquissé tout à l'heure le fondement de la théorie de la polarisation des diélectriques basée sur l'orientation de molécules possédant des pôles électriques ; faisons intervenir de même que dans les supraconducteurs des actions réciproques... nous nous trouvons en face d'une conséquence possible analogue à l'aimantation spontanée mais électrique cette fois, nous sommes amenés à concevoir des éléments de matière présentant tous leurs pôles de même signe du même côté, des éléments *électrisés à saturation* en l'absence d'agents extérieurs (sans être soumis à aucune influence électrique). Toutefois cet état de polarisation naturelle et permanente n'apparaîtra pas du tout, comme pourraient le faire croire les observations faciles et immédiates, sur l'aimantation rémanente, car en effet tout corps, si fortement électrisé et bien isolé soit-il, se neutralise en tout état de cause par l'apport lent des charges de l'air. Seule une modification quelque peu rapide dans cette électrisation cachée pourra faire apparaître des pôles sur le corps, et seuls les phénomènes rares et d'une observation difficile de la pyro-électricité et de la piézo-électricité peuvent correspondre à ces prévisions ; on se rappelle en quoi ils consistent : certains cristaux, chauffés ou refroidis, comprimés ou dilatés, d'une façon générale déformés, réagissent par l'apparition de charges électriques positive et négative, lesquelles sont d'autant plus fortes que les déformations élastiques ou les variations de température sont accentuées[1].

La possibilité d'interpréter ces phénomènes par une électrisation spontanée, ainsi que je viens de le dire, paraîtra assez séduisante ; en effet une déformation, c'est-à-dire une variation des distances moléculaires, causera sans doute des variations des

[1] J'ai décrit sommairement ces phénomènes en m'aidant d'une expérience de piézo-électricité qui peut faciliter considérablement l'exposé à un grand auditoire non préparé, si on la monte avec suffisamment de soin dans la forme suivante : Un bloc de quartz poli est serré dans une petite presse à vis ; on projette *côte à côte* (sur un même écran) l'image de la presse entière placée entre deux nicols et celle d'un petit électromètre à feuille suffisamment sensible relié à une armature du quartz. Il est manifeste que toute déformation s'observera sur l'écran à la fois par les effets d'interférence et par la réaction électrique ; tout est ainsi directement et simultanément visible, la cause excitatrice et les réactions anisotropes de la matière.

forces mutuelles et d'autre part un changement de la température, c'est-à-dire une modification de l'agitation thermique, signifie toujours une perturbation des directions moyennes ; dans les deux cas la conséquence est une variation de l'électrisation spontanée et la manifestation extérieure l'apparition de charges piézo ou pyro-électriques.

J'ai cherché, en développant cette théorie, quelles sont ses conséquences que l'expérience peut atteindre et ces travaux entrepris très récemment m'ont déjà donné des résultats pleins de promesses tant en faits jusqu'ici inconnus qu'en explications de lois empiriques dont l'origine restait obscure ; je cite : on doit attendre une variation thermique et en particulier une température à laquelle la piézo ou la pyro-électricité disparaissent complètement, et (phénomène jusqu'ici entièrement insoupçonné) cette température a été effectivement observée pour le quartz déjà (vers 580°) ; elle s'est révélée identique avec celle de la transformation du quartz α en quartz β découverte par M. H. Le Chatelier au moyen des dilatations. En outre par cette théorie appuyée de la découverte de la disparition de la piézo-électricité, la nature de cette transformation α β semble se dévoiler comme l'analogue électrique du passage du fer α au fer β par le point de Curie. Ensuite une telle transformation ainsi interprétée doit être accompagnée d'une diminution considérable de l'énergie interne de la matière, soit par des *anomalies des chaleurs spécifiques*... Quelques mesures encore sommaires ont vérifié avec certitude cette prévision sur le quartz toujours... et même les propriétés optiques les plus caractéristiques de l'état cristallin, la biréfringence et la polarisation rotatoire, semblent se montrer en relation très nette avec notre structure hypothétique ; par suite celle-ci projette je crois un jour nouveau sur la question extrêmement complexe des variations thermiques de ces phénomènes optiques[1].

Chercherons-nous encore de nouvelles extensions ? Toutes celles que nous avons tentées concernaient ou des anisotropies naturelles de cristaux ou celles de matière solide ou liquide

[1] PERRIER, Alb. Société suisse de physique, Berne, 1916 ; *Arch. 1916*, vol. 41, p. 493.

naturellement isotrope, mais pouvant apparaître sous l'action temporaire de champs magnétiques ou électriques ; deux états particuliers de la matière n'appartenant en somme ni à l'une ni à l'autre de ces classes nous permettront peut-être semblables extensions, l'un les *cristaux liquides,* l'autre les *couches capillaires.* Ici nous entrons de plus en plus dans le domaine des hypothèses possibles seulement.

Les cristaux liquides de Lehmann, ces systèmes microscopiques, liquides par leur consistance, très fortement dissymétriques par leurs propriétés optiques et même magnétiques, ont donné lieu à nombre de théories, et les orientations sans plus de précision ont naturellement aussi été invoquées. Je pense qu'ici mieux qu'ailleurs il y a lieu de faire appel à des orientations spontanées très accentuées par suite de l'absence probable de réseau proprement dit. Il y a là sans doute un champ de travail très intéressant et quelques résultats remarquables de M. Mauguin semblent bien appuyer cette espérance.

Qu'avons-nous enfin à espérer de la considération de cette région extrêmement mince du liquide qui avoisine sa surface libre, celle que l'on appelle la couche capillaire ? — Beaucoup je crois, tellement que son étude à la lumière d'idées récentes est appelée sans doute à rajeunir toute la théorie des fluides. Preuves en soient les recherches récentes de M. Lenard[1] sur ce phénomène en apparence très lointain du dégagement de l'électricité par la pulvérisation de liquides (« Wasserfallelektrizität »). Pour leur auteur, la surface libre est une double couche d'électricité positive et négative, et on pourra expliquer cette polarité par une position perpendiculaire de toutes les molécules voisines de la surface qui présenteront leurs pôles électriques de même nom à l'extérieur, à la façon des piquants sur la peau d'un hérisson. Et d'où cette orientation ? — Des forces des molécules les unes sur les autres, dont l'existence est bien établie et qui sont évidemment normales à la surface libre dans son voisinage. Et par là, remarquons-le, nous voilà ramenés, sans que nous nous y soyons attendus, en plein dans la théorie de *phénomènes isotropes* au premier chef la compressibilité des

[1] Lenard, P. *Ann. der Phys.* (4), 47 (1915), p. 463.

fluides, car les forces que je viens de rappeler ne sont autres que celles auxquelles Van der Waals a fait appel dans sa synthèse à jamais célèbre de l'ensemble des phénomènes de variabilité du volume des gaz et des liquides qui l'a conduit à l'explication de la continuité de l'état liquide et de l'état gazeux. Par là nous serons conduits à envisager ces forces comme électriques et on est déjà en train de tirer de cette conception nombre de vues nouvelles sur la cohésion et les molécules; en particulier le physicien hollandais W.-H. Keesom[1] a déjà montré la fécondité de cette voie indépendamment de Lenard et dans une toute autre direction en perfectionnant l'équation d'état des fluides à l'aide de forces moléculaires électriques...

Que nous voilà loin, n'est-il pas vrai, des premières hypothèses de Weber! Nous voilà engagés profondément dans des problèmes qui touchent au fond à la question de la structure cristalline, c'est-à-dire en fait de toute la matière solide, mais aussi aux liquides et aux gaz ainsi qu'aux états aberrants, cristaux liquides et couches capillaires, mais encore d'une façon générale à la constitution des molécules et des atomes; nous voilà engagés dans des problèmes pour la solution desquels tous les domaines de la physique sont mis à contribution, thermique, électricité, magnétisme, optique, magnéto- et électro-optique.

Irons-nous plus loin encore, pourrons-nous avec le même sauf-conduit franchir d'autres seuils? Je le pense, mais nul ne saurait l'affirmer; n'oublions pas que les faits que je viens de rappeler ne rentrent pas tous nécessairement dans le cadre que nous avons essayé de leur adapter. Je m'étais proposé de vous conduire aussi loin que possible actuellement, mais à mesure que nous nous sommes éloignés des premiers phénomènes du ferromagnétisme pour lesquels l'hypothèse a été créée, l'adaptation devient plus arbitraire et souvent plus malaisée; n'oublions pas, pour nous garder de toute témérité, l'histoire des théories de Fresnel pour les phénomènes lumineux qui, malgré leur admirable harmonie et leur insurpassable clarté, ont dû

[1] Keesom, W. H. *Communications Leiden*, Supplem. to vol. VII, nos 24*b*, 25, 26 (1912).

finalement renoncer à s'adapter à la suite incessante des découvertes de l'expérience.

Je pose malgré tout deux questions qui voudraient être des jalons. — Verrons-nous peut-être le problème des forces qui causent l'affinité chimique attaqué et peut-être élucidé en provoquant ou utilisant des orientations d'ions ou d'atomes ? — Pénétrerons-nous quelque jour, en nous aidant des positions particulières des molécules, naturelles ou forcées, le mystère à peu près complètement insondé des forces de cohésion de la matière solide, de celles qui maintiennent l'édifice des formes cristallines ? Et serons-nous même appelés à construire une théorie magnétique ou électrique de l'élasticité ? Rien n'interdit de le penser, une tentative dans ce sens a été faite par Schrödinger[1], ce que nous avons vu sur la capillarité peut le suggérer, une note récente de Debye et Scherer[2] est suggestive à cet égard, des essais faits dans mon laboratoire pourront, j'espère, donner d'utiles renseignements à bref délai. Et ce ne sont pas là les seuls chemins ouverts. — Ne nous y engageons pas. Après ce furtif regard dans un avenir incertain, donnons plutôt un rapide coup d'œil en arrière, essayant de mesurer le chemin parcouru.

Le point de départ, dans son acception la plus générale, est une hypothèse de prime abord purement géométrique : nous admettons l'existence d'objets pouvant tourner, en sorte que si leurs positions respectives sont plus ou moins parallèles à une direction donnée, l'ensemble de ces objets manifeste des propriétés particulières dans cette direction ; mais pour obtenir ce résultat, il est indispensable d'admettre en plus que chacun des objets coïncidant généralement avec ce qu'on appelle les molécules, possède une dissymétrie dans sa structure même. En précisant la nature physique de cette dissymétrie, on sort de la géométrie et on fixe par quel genre de phénomène l'ensemble, le corps, manifestera une anisotropie. D'où la possibilité de l'application de la même base générale aux domaines les plus divers.

[1] Schrödinger, *Wiener Berichte* IIa, 121 (1912), p. 1937.

[2] Debye et Scherer, *Phys. Zeitsch.* 18 (1917), p. 290.

Avec ce point de départ identique, on doit retrouver à travers la variété des phénomènes des lois de variations parentes. C'est le cas très particulièrement pour l'effet des variations de température que la théorie explique pour tous les cas en greffant sur l'hypothèse de l'orientabilité celle de l'agitation thermique régie par les lois de la mécanique statistique, ou celles plus récentes de la *théorie des quanta.* Cela constitue un second stade.

En faisant intervenir en troisième lieu dans la théorie précédente des forces intermoléculaires, on est conduit à la conception de *polarisations spontanées* qui s'est révélée extraordinairement féconde déjà dans le magnétisme, qui a conduit tout récemment à des succès nets mais isolés encore en électricité et en optique et qui, peut-être, est destinée à pénétrer toute la cristallographie. En observant que ces théories constituent une première interprétation des anisotropies accidentelles et des anisotropies naturelles par les mêmes mécanismes, qu'en particulier elles contribuent à faire rentrer dans la théorie électromagnétique l'optique cristalline, nous mesurerons le très grand intérêt que doit leur reconnaître la philosophie naturelle.

Et nous avons pu voir que le nombre des phénomènes est très considérable dont nous obtenons ainsi une explication souvent très claire, que ces phénomènes se rencontrent sur un front très large déjà et qui s'élargit chaque jour, ainsi que nous l'avons pressenti à propos des cristaux liquides, des supraconducteurs, des couches capillaires, d'autres encore.

Mais d'un tout autre côté les vues sur la constitution de la matière et de ses éléments les plus petits, cet aspect de la physique qui répond le plus complètement à la curiosité de l'esprit humain a été, lui aussi, richement doté par notre instrument théorique : je me contente d'énumérer ce que l'on a obtenu déjà en précieuses données ou obtiendra sans aucun doute dans un délai pas trop grand : les moments magnétiques moléculaires, puis leur conséquence le magnéton, les liaisons des atomes entre eux, leurs oscillations ou leurs rotations, leurs charges électriques, les forces de molécule à molécule.

Et nous n'avons pas même effleuré le terrain des applications techniques. Ce n'est pas faute de matière !

Et nous n'avons pas discuté non plus, car la chose est trop

évidente, de l'enrichissement réciproque que les physiciens et les cristallographes retireront d'un contact plus étroit qu'il ne l'a été jusqu'ici ; ils sont sans doute destinés à se rapprocher autant que les chimistes et les physiciens sur le terrain de la physico-chimie.

Enfin, il serait du plus haut intérêt de considérer en terminant l'ensemble parcouru de plus loin et de plus haut, cherchant à nous abstraire des faits particuliers aussi bien que des images et théories précisées, mais limitées dans leur domaine. Les uns et les autres forment un ensemble si vaste, le définitivement acquis est si riche, que l'on peut à bon droit se demander si les chercheurs n'ont pas été guidés plus ou moins consciemment par quelque loi plus générale et plus profonde, par quelqu'une de ces lois que notre intelligence ne réussit pas d'abord à voir sous la diversité déconcertante de la nature, que l'on commence à pressentir petit à petit et à qui, enfin, quelque cerveau de génie donne la forme claire et définitive qui les place au rang de ces colonnes de base que la science désigne du nom de *principes.*

Or, je pense que ce principe soupçonné a été formulé et depuis de longues années déjà : qu'on lise la première partie des œuvres de Pierre Curie[1], ces merveilleuses considérations sur les symétries que les découvertes retentissantes sur la radio-activité ont presque fait oublier par les physiciens ; on y trouvera une simple phrase, résumé ultime de tant d'autres belles lois : *c'est la dissymétrie qui produit le phénomène,* phrase exprimant qu'un phénomène possède au moins tous les éléments de symétrie de ses causes et au plus toutes leurs dissymétries, et qui est en dernière analyse une expression du principe de causalité.

Nul ne saurait embrasser à première vue ce que contiennent ces quelques mots, mais ayant affaire ici à un principe fondamental de la philosophie naturelle, rien ne doit plus nous étonner dans l'inépuisable fécondité de recherches qui poursuivent des dissymétries sous toutes leurs formes. A quoi tendent

[1] Curie, Pierre. Oeuvres publiées par la Société française de physique, Paris, 1908.

en effet tous les efforts dont j'ai cherché à vous donner une esquisse? A donner à la matière des directions privilégiées, à dévoiler celles qui, préexistantes, se dissimulent, à faire jouer en un mot, les dissymétries de la nature.

C'est la dissymétrie qui produit le phénomène, dit Pierre Curie, et sa parole domine de haut toutes nos théories moléculaires sur les phénomènes dirigés, de même que le second principe de la thermodynamique, de la dégradation de l'énergie, domine entre autres toutes les théories moléculaires sur les propriétés isotropes de la matière gazeuse, liquide ou solide. Et à la lumière de ce principe, peut-être tous nos efforts théoriques et expérimentaux vous apparaîtront-ils comme des confirmations scientifiques de cette règle de la vie pratique que le désordre cache ce que l'on cherche et que plus il y a d'ordre plus on trouve facilement ; tous nos efforts, dirai-je, tendent à mettre de l'ordre dans la matière afin d'y déceler les merveilleuses harmonies que la nature semble parfois avec un soin jaloux vouloir dissimuler.

Lausanne, Université, septembre 1917.

LES

PHÉNOMÈNES CRÉPUSCULAIRES

D'APRÈS LES

Observations anciennes et récentes faites en Suisse

PAR

P. GRUNER
Prof. de physique théorique à l'Université de Berne

(Avec 7 fig.)

(Suite et fin.)

V. — L'Alpenglühen.

A. *Remarques générales.* Les colorations crépusculaires prennent un éclat parfois extrêmement brillant quand elles se forment, non pas sur le ciel pur, mais sur des nuages ou sur les cimes neigeuses de nos Alpes.

Nous avons déjà décrit l'aspect général d'un « Alpenglühen » normal dans notre article des *Archives* (en mars 1914) auquel nous renvoyons le lecteur. Rappelons seulement que *normalement il n'existe que deux phases de coloration : la coloration principale* ou *coloration directe,* suite de l'illumination des montagnes par les rayons directs du soleil, et la *coloration secondaire* ou *recoloration* qui est séparée de la première par une phase d'*extinction,* montrant souvent une *teinte cadavérique.* D'accord avec Schlagintweit, Maurer, Heim et d'autres, nos observations confirment pleinement que tous les aspects différents de celui que nous venons d'indiquer (par exemple la triple co-

loration, la « résurrection », etc.) ne sont que des irrégularités dans la marche normale de l'Alpenglühen, produites par des nuages ou d'autres troubles du ciel au couchant, au-dessus ou au-dessous de l'horizon de l'observateur.

Ces phénomènes de coloration des Alpes, donnant un vrai réactif pour la coloration des rayons solaires, mais dépendant aussi de la couche d'air, interposée entre l'observateur et la montagne illuminée, il est très important de les étudier simultanément de points d'observation différents. C'est ce que nous avons pu faire, grâce à la collaboration de M. Moser à Oberbalm (et au Faulhorn) et de M. le pasteur Bay au Béatenberg (observant 112 fois). Joignant ces observations aux nôtres (que nous avons faites pendant les 14 dernières années), nous avons obtenu une série d'environ 80 observations simultanées dont nous allons nous occuper. Remarquons préablement qu'à l'inverse des autres phénomènes crépusculaires pour lesquels nous indiquions toujours la dépression solaire correspondante, il importe d'ajouter ici, pour chaque phase de l'Alpenglühen, l'heure de l'observation elle-même (heure de l'Europe centrale). En effet, il s'agit de la coloration objective d'un objet déterminé (par exemple la Jungfrau), laquelle varie pour tous les observateurs simultanément, chaque observateur calculant une dépression solaire différente ; cela n'empêchera pas que, selon les circonstances, nous ne nous servions pas parfois des dépressions solaires.

B. *La coloration directe.* Donnons dès l'abord le résumé de toutes nos observations : La coloration principale des Alpes, l'Alpenglühen, est produite par l'illumination directe par les rayons du soleil, et dépend en première ligne de la coloration et de la déperdition d'intensité que ces rayons ont subie à travers toute l'atmosphère jusqu'à la cime observée. Mais en second lieu, elle dépend de la coloration ultérieure et de la déperdition d'intensité que les rayons, réfléchis sur les surfaces neigeuses, subissent en retournant des Alpes jusque vers l'observateur.

Si l'observateur est placé près de la cime, cette seconde cause sera négligeable et *la coloration observée des neiges donnera*

directement une mesure, très importante, de l'intensité et de la coloration des rayons solaires eux-mêmes. Pour cette raison, les observations du Faulhorn et du Piz Languard, et à un certain degré aussi du Béatenberg (à environ 24 km de la Jungfrau) ont une valeur toute particulière. En effet, M. Meyer, observant au Piz Languard la coloration de la Bernina, à environ 12 km de distance, la trouva en général parfaitement identique à celle des parties neigeuses qui se trouvaient immédiatement à ses pieds.

Au Faulhorn, M. Moser indique comme développement normal des colorations de la Jungfrau (à environ 15 km), la marche suivante : la neige, blanche pendant la journée, passe, vers le soir, par des nuances jaunes à des colorations orangées, qui sont très nettes quand le soleil est à environ 1° au-dessus de l'horizon. Peu à peu s'y mêlent les teintes rouges qui donnent lieu, quand le soleil est au-dessous de l'horizon, au bel aspect d'incandescence qui va en augmentant en même temps qu'il se retire vers les cimes plus élevées, pour s'éteindre quand le soleil atteint une dépression (relative au Faulhorn) d'environ 2°,3. Ajoutons tout de suite que l'observateur du Faulhorn n'emploie jamais pour cette extinction l'expression de teinte cadavérique (que l'observateur connaissait pourtant très bien), mais parle seulement d'une teinte gris-blanc.

Ce sont les observations simultanées[1] de Berne, Oberbalm et Béatenberg qui nous révèlent l'influence des couches d'air, situées entre les Alpes et l'observateur.

Quant à la *coloration* elles montrent que les nuances rouges prédominent à mesure que l'observateur se trouve à une altitude moins haute et à une distance plus grande de la montagne observée, tandis que, pour les altitudes supérieures et les distances plus petites, les nuances jaunes se font remarquer davantage.

Il s'ensuit que *la longueur du chemin que les rayons réfléchis doivent parcourir jusqu'à l'œil de l'observateur augmente les*

[1] Berne, 580 m d'altitude, à environ 62 km de la Jungfrau.
Oberbalm, 850 m » » » 57 km » » »
Béatenberg, 1150 m » » » 24 km » » »

nuances rouges de la coloration directe; et de même cette rougeur devient d'autant plus forte que les couches traversées sont plus bas, donc aussi plus denses.

Par ce fait l'*intensité* de la coloration en est aussi affectée. Plus les couches sont denses, plus l'intensité diminue; par contre, pour des couches plus élevées, comme celles qui interviennent pour Oberbalm et Béatenberg, la distance ne joue plus un grand rôle et l'intensité paraît plutôt augmenter avec la distance, parce que la coloration en est d'autant plus brillante. Ainsi Berne a les intensités les moins fortes, Béatenberg donne les colorations les plus pures, mais Oberbalm indique le maximum d'intensité relative.

Remarquons enfin, pour détruire certains malentendus assez répandus, que nos observations démontrent clairement que *la coloration principale des Alpes ne dépend en aucune manière directement de la lumière pourprée.* Au contraire, les colorations extraordinaires que l'on observe parfois se produisent en général dans des conditions météorologiques (grande humidité, situation cyclonale, horizon nuageux) qui ne sont aucunement favorables au développement pur des lumières pourprées. Ceci n'exclut naturellement pas que, par un « temps très beau », il y ait en même temps un Alpenglühen et une belle lumière pourprée, mais indépendamment l'un de l'autre.

C. *La recoloration.* C'est un fait incontestable que la chaîne des Alpes, après avoir passé par une phase d'extinction très frappante, reprend normalement toujours de nouveau des teintes plus vives, nuancées de jaune, de rose ou de violet, et donnant parfois une recoloration très distincte. Celle-ci ne doit absolument pas être confondue avec les interruptions momentanées de la coloration directe, causées par un nuage interposé, et qui ont un caractère complètement différent de la vraie recoloration qui n'est pas due à l'illumination directe par les rayons du soleil.

Ici de nouveau, les observations du Faulhorn, pour lesquelles l'influence de la couche d'air entre les Alpes et l'observateur n'entre pas en jeu, donnent la solution désirée.

Nous résumons: *Dès que le dernier rayon du soleil a définiti-*

vement quitté la cime des Alpes, les surfaces neigeuses jouent, vis-à-vis du firmament entier qui les surplombe, le rôle d'une grande surface blanche, à réflexion diffuse; leur coloration ne peut donc être autre chose que la résultante des colorations diverses du ciel.

C'est pourquoi, au Faulhorn, l'observateur note en général dans la phase de l'extinction des nuances violettes, correspondant à la couleur bleu-violette du firmament. Les reflets de la couleur jaune du ciel au couchant se mêlent à ce violet et produisent la coloration gris-blanc qui ne se transforme que pour un observateur éloigné en cette teinte blafarde et impure que l'on désigne comme teinte cadavérique. En général, les observations de Berne et Oberbalm ne permettent nullement de constater ces teintes violettes; c'est de nouveau l'effet de la zone atmosphérique interposée qui absorbe les couleurs de courte longueur d'onde et ne laisse passer que les teintes jaunâtres et rougeâtres.

Quelques instants après l'extinction de la coloration principale, la lumière pourprée commence à se former au couchant, et immédiatement elle doit se refléter sur la neige et lui donner des nuances rouges qui, en s'unissant au violet, donnent la teinte classique rouge-violacée de la recoloration. Ici aussi il peut s'y mêler des nuances jaunes, très marquées, si le jaune des couches horizontales à l'ouest est très intense; c'est ce qui semble se produire en effet pour certaines observations simultanées de Berne et du Faulhorn.

La *relation étroite entre la lumière pourprée et la recoloration des Alpes ressort avec évidence de nos nombreuses observations.* En réunissant dans un tableau environ trente observations de recoloration des deux dernières années, nous trouvons (sauf deux ou trois exceptions) pour toutes ces soirées des lumières pourprées normales ou supernormales pour différentes stations de la Suisse.

Il est vrai qu'il n'est pas nécessaire que ce soit une lumière pourprée pure qui se reflète dans la recoloration des Alpes; ainsi le 25 janvier 1915 ce sont des colorations intenses de cirrus qui produisent la recoloration; mais cette rougeur des cirrus correspond naturellement à la lumière pourprée.

Cette corrélation résulte aussi du parallélisme du développement de la lumière pourprée et de la recoloration. Nous donnons ci-dessous, à l'appui de cette manière de voir, les moyennes mensuelles de nos observations, faites à Berne, dans les deux périodes non troublées de 1905-1912 et de 1915-1916.

Dépression solaire pour les phases suivantes :

	Maximum de la lumière pourprée.	Fin de la lumière pourprée.	Commencement de la coloration.	Fin de la coloration.
Janvier	4°,0	5°,6	3°,1	6°.1
Février	3,7	4,9	2.7	5,5
Mars	3,7	5,2	2,9	5,3
Avril	3,7	5,0	2.5	4,7
Mai	3,8	5,1	2,4	4.9
Juin	3,7	5,0	2,8	5,8
Juillet	3,7	5,1	2,6	6,0
Août	4,0	5,6	2,8	5,5
Septembre	4,0	5,5	3,4	6,2
Octobre	3,9	5,2	3,3	4,5
Novembre	4,0	5,4	3,4	4,8
Décembre	3:8	5,2	2,8	5,2
Moyenne	3,8	5,2	2,8	5,4

Enfin, nous avons noté à Berne, de 1903 à 1913, quatorze recolorations très fortes ; à onze d'entre elles correspondent des lumières pourprées (ou des colorations de nuages à l'ouest) supernormales.

VI. — La théorie des lueurs crépusculaires.

A. *Remarques générales.* C'est sur les questions théoriques que l'intérêt de l'auteur s'est concentré en premier lieu ; mais, à l'heure présente, cette théorie n'est encore qu'une ébauche bien incomplète qui n'a pas été développée mathématiquement et qui n'a pas encore pu être vérifiée, dans ses détails, par les observations. Néanmoins, notre théorie se base sur une étude

critique approfondie des théories antérieures et est, comme le lecteur attentif le remarquera, en bon accord avec les faits observés.

En ce qui concerne *le développement historique* de ces théories (dont nous avons déjà parlé dans notre article des *Archives* de mars 1914), nous ne relèverons que brièvement les points suivants: C'est L.-A. Necker qui, le premier, a exposé le point fondamental de notre propre théorie: le fait que la lumière pourprée n'est que la continuation de l'anticrépuscule, d'où il faut conclure que c'est bien *la réflexion diffuse* des rayons solaires par certaines couches atmosphériques qui y joue le rôle essentiel. Plusieurs auteurs parlent d'une *réflexion régulière* (Spiegelreflexion) qui aurait donc lieu à des surfaces de discontinuité dans l'atmosphère. L'existence de semblables discontinuités stables, pouvant produire une réflexion régulière, nous paraît assez problématique et conduit à des conséquences qui ne correspondent guère à la réalité. La théorie de Rayleigh, considérant l'atmosphère comme *un milieu trouble, formé par les molécules gazeuses elles-mêmes,* rend très bien compte de la couleur bleue du ciel ainsi que des colorations jaunes-rouges des rayons solaires qui traversent d'épaisses couches de l'atmosphère; elle parvient ainsi à expliquer d'une manière satisfaisante certains phénomènes crépusculaires, mais elle ne donne naturellement aucune raison pour la formation de la lumière pourprée. Ainsi, toutes les théories qui considèrent l'atmosphère comme milieu troublé et y appliquent les lois de réflexion et de réfraction (soit à des gouttelettes d'eau, soit à des cristaux de glace) ne parviennent pas à expliquer la lumière pourprée. Ce n'est que la *théorie de la diffraction* par de petites particules, formant une couche homogène, qui donne une solution de ce problème si important. Cette théorie a été très bien développée par von Lommel, Pernter, Kiessling, Riggenbach, et est directement confirmée par des expériences de laboratoire, mais elle ne réussit pas à démontrer la relation entre la lumière pourprée et l'anticrépuscule, et, pour l'explication de la lumière pourprée secondaire, elle doit pourtant avoir recours à la réflexion diffuse.

Cherchant dans ces différentes théories tout ce qui nous paraissait juste, et y ajoutant nos propres idées, nous avons

essayé d'en faire une synthèse, dont nous ne donnons ici que les lignes principales.

B. *L'atmosphère idéalement pure.* Si nous pouvions considérer l'atmosphère comme un mélange gazeux absolument pur, les phénomènes de coloration du ciel seraient uniquement déterminés par la loi de Rayleigh, d'après laquelle *chaque molécule disperse les rayons solaires qui l'atteignent dans toutes les directions avec une intensité variable.* Cette variation dépend, d'une part, de l'angle φ que la direction du rayon dévié forme avec celle du rayon incident, d'autre part, de la longueur d'onde λ considérée; l'intensité est alors proportionnelle à $(1 + \cos^2\varphi)/\lambda^4$.

Chaque rayon dévié subissant de nouveau une série de dispersions semblables, il se produit pour lui une *extinction* progressive, conforme à la règle suivante: *Plus un rayon, primitivement blanc, pénètre dans l'atmosphère, plus il perd en intensité et plus il se colore en même temps, d'abord d'une teinte jaune, puis orange, puis rouge-orange, enfin rouge-foncé et peu à peu il perd ces dernières lueurs rouges et s'éteint tout à fait.*

Pour déduire de ces lois générales l'aspect qu'une partie déterminée du ciel nous donne, il faut se rendre compte que *cet aspect résulte de la somme des illuminations de toutes les molécules* situées sur le rayon visuel de l'observateur et s'alignant de son œil jusqu'aux derniers confins de l'atmosphère. Chacune de ces molécules envoie dans l'œil une certaine lumière colorée, déterminée par la loi de Rayleigh, mais cette lumière subit, avant d'arriver à l'observateur, une extinction suivant la loi ci-dessus indiquée, qui est d'autant plus forte que la molécule considérée est plus éloignée. En appliquant cette règle, on peut déduire les colorations générales du ciel; il doit paraître bleu durant la journée, mais, vers le soir, lorsque les rayons du soleil doivent traverser d'épaisses couches atmosphériques, ils ne conservent, par suite de l'extinction, que leurs teintes jaunes et oranges; et, en passant au-dessus de l'observateur jusqu'aux couches les plus éloignées de l'horizon oriental, ces rayons deviennent de plus en plus rougeâtres, sont en partie réfléchis en arrière et, s'ajoutant au bleu très faible que le ciel oriental présente, produisent une coloration rouge-violette,

parfois très intense. C'est ainsi que se formeraient, dans un air très pur, *les colorations jaunes-orangées des couches horizontales à l'ouest* et le *ruban pourpre de l'anti-crépuscule à l'est.* Grâce enfin à l'extinction très forte de la zone de l'atmosphère située immédiatement au-dessus du sol terrestre, les rayons du soleil qui passent près de lui disparaîtraient peu à peu complètement et ne parviendraient plus à illuminer la partie inférieure du ciel oriental. C'est par ces considérations très simples que s'explique la formation de *l'ombre de la terre* et le fait, au premier abord surprenant, que cette ombre s'élève bien plus rapidement à l'est que le soleil ne s'abaisse à l'ouest.

C. *L'atmosphère troublée.* L'atmosphère n'est en réalité jamais pure, au contraire, elle contient une infinité de particules de tout genre et de dimensions très différentes qui y sont suspendues dans un équilibre plus ou moins stable. Dès que ces particules dépassent une certaine dimension (environ 0,0001 cm), la loi de Rayleigh n'y est plus applicable. Les particules forment alors de vrais petits corps, opaques ou transparents, par lesquels les rayons du soleil sont réfléchis, réfractés, absorbés et diffractés, selon les lois bien connues de l'optique. Vu notre peu de connaissance au sujet de ces particules, il n'est guère possible d'établir une théorie complète des phénomènes de coloration qu'elles produisent, aussi renonçons-nous à entrer dans ces considérations. Nous rappellerons seulement que *les effets de réflexion et de réfraction* sur des gouttelettes d'eau et sur de petits cristaux de glace, répartis irrégulièrement dans l'atmosphère, rendent compte de la « lueur transparente » et en général des variations de l'illumination de la voûte céleste pour ses différentes parties. Clausius, Roth, Ch. Wiener [1] et d'autres ont développé des théories à ce sujet avec des approximations plus ou moins justifiées. Si l'on tient compte de la *diffraction* que produisent des particules homogènes de petite dimension, les théories de Lommel et autres (citées p. 106) donnent une explication complète du cercle de Bishop et s'appliquent aussi à

[1] Clausius, R. *Poggendorf's Annalen,* 16, p. 161, 1849.
Roth, F. *Meteorolog. Zeitschrift,* 2, p. 52, 1885.
Wiener, Ch. *Nova acta Leop. Carol,* 73 et 91, 1907-09.

la formation de la lumière pourprée, spécialement au cas où celle-ci se développe en un bel et large demi-cercle de couleur rose.

Mais, en général, l'ensemble de ces effets optiques, s'exerçant sur des couches entières d'innombrables particules, produit un phénomène de dispersion et d'extinction des rayons incidents du soleil que nous nommons précisément *la réflexion diffuse* et qui suit une loi d'un caractère quelque peu analogue à celle de Rayleigh.

Pour cette *réflexion diffuse,* ou *diffusion* tout court, se formant dans des couches de particules plus grandes que 0,0001 cm, nous pouvons formuler les lois générales suivantes :

1. La lumière incidente est diffusée par chaque particule dans toutes les directions, mais avec une intensité variant avec la direction : elle présente un maximum dans la direction non-déviée et un minimum dans la direction perpendiculaire à celle-ci.

2. L'intensité de la lumière diffuse est à peu près inversement proportionnelle au carré de la longueur d'onde ($\sim 1/\lambda^2$).

3. Chaque rayon traversant une couche semblable y subit une extinction : son intensité diminue avec la longueur du trajet parcouru et sa coloration prend peu à peu des teintes variant du jaune au rouge, jusqu'à ce qu'enfin il s'éteigne complètement ; mais ces teintes sont beaucoup moins prononcées que pour l'extinction dans l'atmosphère pure suivant la loi de Rayleigh.

Ici aussi l'aspect du ciel, pareillement troublé, se déduira pour chaque direction du rayon visuel, en faisant la somme de la lumière diffusée par chaque particule, située dans cette direction, et en ayant égard à l'extinction que cette lumière subit sur son chemin.

D. *Colorations produites par une couche homogène de particules.* Nous ne considérons qu'un cas spécial de l'atmosphère troublée, le plus simple, dont les cas plus compliqués peuvent d'ailleurs être déduits logiquement.

A une hauteur donnée (10 à 20 km) nous admettons l'existence d'une couche homogène de densité et d'épaisseur constante (peut-être 1-2 km d'épaisseur), concentrique à la surface terrestre. Quel sera l'effet de coloration qu'elle donne aux rayons du soleil qui la traversent et quel sera l'aspect qu'elle présente à des observateurs placés dans des endroits différents ?

1. *La coloration de la couche et des rayons solaires.* Les rayons du soleil, formant un faisceau parallèle (voir fig. 6, p. 111) SS qui est tangent à la surface terrestre AB au point C, traversent une première fois la couche homogène, *ah*, et y éprouvent une extinction, accompagnée de coloration, qui sera d'autant plus accentuée que la couche sera plus dense et que les parcours des différents rayons à travers la couche seront plus longs. On conçoit donc aisément que les rayons traversant *ab* seront colorés en jaune, ceux traversant *bc* en orange, *cd* en orange-rouge, *de* enfin en rouge foncé très affaibli, l'intensité diminuant de plus en plus ; enfin en *ef* l'extinction aura produit une absorbtion complète ; cependant il faut remarquer que dans beaucoup de cas la couche ne sera pas en état d'absorber tout à fait les rayons solaires, et alors la coloration se fera jusqu'au point *f*, le plus élevé de la couche. Mais en tout cas, le faisceau des rayons solaires passant par l'atmosphère entre la couche et la surface terrestre, sera coloré dès l'abord, soit sur toute sa section, soit seulement dans sa partie inférieure de *a-e*. Cette conséquence théorique se trouve en plein accord avec le résultat de nos observations photométriques qui indiquent, en effet (p. 29) que la coloration des rayons solaires ne se produit pas là où la lumière pourprée apparaît, mais déjà longtemps avant. Ce faisceau coloré, continuant son trajet dans l'air situé au-dessous de la couche *ah* (que nous supposons idéalement pur) subira une extinction selon la loi de Rayleigh faible quant à l'intensité, mais sensible quant à la coloration. Arrivant ainsi pour la seconde fois vers la couche en *gh*, ces rayons, colorés en un rouge plus foncé, y subiront *une réflexion diffuse très accentuée,* de sorte que ces lueurs rouges seront renvoyées, en bas, dans toutes les directions vers la surface terrestre (et naturellement aussi en haut, ce qui ne nous intéresse pas pour le moment). *Ce sera cette partie gh de la couche homogène, illuminée de nuances orangées à rouges diffuses qui apparaîtra, tantôt comme anti-crépuscule, tantôt comme lumière pourprée.*

2. *L'aspect de la couche colorée.* Il va de soi qu'un observateur placé aux environs de C verra la partie *ae* dans une coloration diffuse, jaune à orangée, pas très brillante (vu qu'il ne faut pas la confondre avec les couleurs très marquées que les rayons so-

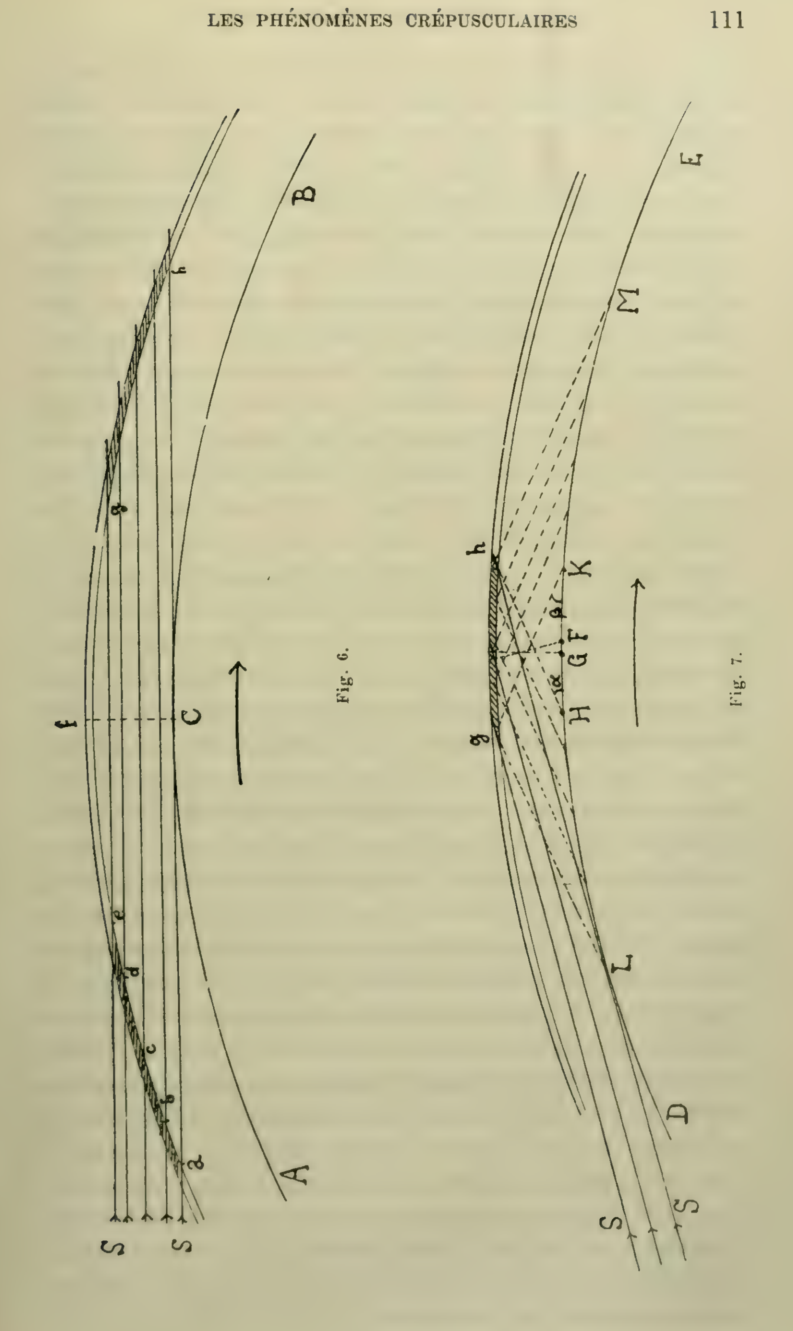


Fig. 6.

Fig. 7.

laires eux-mêmes possèdent en *ae*; l'observateur ne voit pas ces rayons, mais seulement l'illumination de la couche *ae*); cette coloration, se mêlant encore au « bleu du ciel » de l'atmosphère pure qui s'élève bien au-dessus de notre couche de pertubations, formera à l'horizon occidental les couches horizontales jaune-orangées bien connues. Quant à la zone *efg*, non illuminée, elle ne formera néanmoins pas un écran opaque, mais elle restera tout simplement invisible, étant formée de particules que notre œil ne peut pas voir directement. L'observateur en C verra donc au-dessus de lui le bleu zénithal s'étendant de tous les côtés, et ce n'est qu'avec des instruments très sensibles qu'il pourra peut-être constater l'existence d'un très faible voile, causé par la zone *efg*. Par contre, la zone *gh* paraîtra fortement illuminée, et c'est sur elle que va se concentrer maintenant notre intérêt.

Pour bien nous rendre compte du développement ultérieur du crépuscule et des rapports de l'anticrépuscule avec la lumière pourprée, considérons (voir fig. 7, p. 111) l'effet de cette zone *gh* produit sur différents observateurs, placés entre D et E, pour lesquels le soleil se trouvera à des dépressions différentes, et qui de ce fait observent les phases consécutives du crépuscule. Pour cela, il s'agit de bien appliquer la loi fondamentale de la diffusion de la lumière (p. 109), d'après laquelle son intensité a un maximum dans la direction des rayons primaires incidents et un minimum dans la direction perpendiculaire. Il s'ensuit que la couche *gh*, quoique fortement illuminée, pourra rester complètement invisible dans une direction normale aux rayons solaires incidents, si cette direction coïncide aussi avec le minimum de l'épaisseur de la couche ; tel sera le cas pour un observateur placé en F ou en G, et aussi dans le voisinage de ces deux points, jusque vers H et K ; la couche y restera encore imperceptible et l'observateur placé entre H et K croira voir au-dessus de lui le ciel bleu tel quel. Mais, en s'éloignant de F et G à droite ou à gauche, il y aura une position (justement H et K dans notre figure), où le rayon visuel de l'observateur traversera la couche illuminée à une épaisseur suffisamment grande et où l'intensité de la lumière, diffusée obliquement par rapport aux rayons solaires, sera assez forte pour devenir visible ; il y aura donc des

angles limites, α et β [1], qui sépareront les emplacements pour lesquels un observateur ne remarque pas la couche illuminée, étendue au-dessus de lui, de ceux pour lesquels il perçoit distinctement la coloration.

Les lignes pointillées de la fig. 7, partant de la zone *gh* sous les angles α et β, font immédiatement entrevoir comment nos observateurs conçoivent ces colorations. Ceux qui se trouvent entre L et H les voient à leur droite, c'est-à-dire à l'orient, où elles leur apparaissent comme *lueurs anticrépusculaires;* les observateurs placés entre H et K ne remarquent pas de coloration ; ceux qui se trouvent entre K et M aperçoivent la zone *gh* à leur gauche, c'est-à-dire à l'occident, resplendissante de belles lueurs roses à rouge-violettes, formant la *lumière pourprée.* Il est clair que les rayons diffus, inclinés sous un angle plus oblique que l'angle limite (α et β) donnent une coloration visible, de sorte que ce n'est pas seulement entre H et L (du côté gauche), mais jusque vers D, et de même au delà de M (du côté droit) jusque vers E que la zone colorée *gh* sera perçue.

Considérons maintenant un seul observateur qui, dans le courant d'une soirée, passe successivement, par suite de la rotation terrestre, de D à L, H, G, F, K, M et E, tandis que la zone *gh* paraît rester immobile [2]. En D il verra s'élever au-dessus de l'horizon oriental, les premières rougeurs de la zone *gh* jusqu'à ce qu'elles aient atteint leur maximum de hauteur, sous l'angle α, quand l'observateur se trouve en L. Dès ce moment cet *anticrépuscule* ne s'élève plus davantage, mais, au bas, l'observateur plonge au-dessous de *h* dans la région non illuminée et voit ainsi surgir l'*ombre de la terre.* Arrivé en H le ruban anticrépusculaire va être définitivement englouti par cette ombre, et, sur le parcours de H à K, notre *observateur ne constate plus aucune rougeur,* si ce n'est les colorations jaunâtres à l'horizon au couchant, dont nous avons déjà parlé. Mais en K, où l'angle

[1] La valeur de ces angles dépendra de l'épaisseur et de la densité de la couche *gh,* de son inclinaison vis-à-vis des rayons solaires, de la nature des particules, etc., mais pour chaque soirée elle sera bien déterminée.

[2] De fait la couche illuminée prend naturellement aussi part à la rotation terrestre ; mais pour une couche homogène et concentrique, la partie illuminée restera toujours immobile *relativement aux rayons du soleil* SS.

limite β entre en jeu, l'observateur commence à apercevoir justement les premières parties (encore bien peu étendues et assez affaiblies par l'éclat du ciel du couchant) d'une nouvelle rougeur, à une certaine hauteur (angle β) au-dessus de l'horizon occidental ; c'est *le commencement de la lumière pourprée.*

3. *La lumière pourprée.* Il semblerait que, contrairement aux observations, le même phénomène que nous avons décrit pour l'anticrépuscule se répète en sens inverse: dans ce cas la lumière pourprée maintiendrait sa limite supérieure à un angle invariable β, et l'observateur, passant de K à M, verrait seulement un développement de la lumière pourprée vers le bas et non pas vers le haut. Cette divergence n'est qu'apparente et s'explique si l'on tient compte de ce que la zone *gh* diffuse aussi la lumière vers le haut, au-dessus de la couche troublante. Cette lumière diffusée en haut pénètre dans l'atmosphère pure et l'illumine à son tour sensiblement. De la sorte il se forme *au-dessus* de *gh* une zone illuminée secondaire qui, elle aussi, renvoie de la lumière diffusée vers l'observateur. On entrevoit facilement qu'il en résulte apparemment un épaississement de la zone *gh* et par conséquent une augmentation de l'angle limite β. Donc, en tournant avec la terre de K à M, l'observateur verra la lumière pourprée s'étendre aussi vers le haut, arriver à un maximum d'étendue verticale, puis se rétrécir de nouveau et enfin, arrivant vers E, la zone *gh* disparaît derrière l'horizon occidental, et la lumière pourprée est complètement éteinte. Nous ne pouvons donner que sommairement ces indications qui exigeraient des développements et des figures compliqués, mais de fait elles sont en bon accord avec les observations.

Remarquons cependant que dans toute cette argumentation nous n'avons pas eu égard à la *diffraction,* qui pourtant doit toujours se produire distinctement dans des couches homogènes telles que nous les avons supposées. Mais il est facile de voir que l'effet de diffraction se superpose tout naturellement à l'effet de diffusion.

Durant la journée, cette diffraction produira autour du soleil une auréole brillante, bordée par un cercle large et diffus d'une couleur rouge-brune, le *cercle de Bishop.* Celui-ci devra donc être visible dès que la couche troublante sera assez dense et en

même temps bien homogène. Vers le soir, les rayons solaires, traversant la zone *ae* (fig. 6) y seront fortement colorés et le cercle de Bishop en subira certaines transformations. M. Riggenbach a clairement exposé ce genre de transformation, dont le résultat est le *cercle brun de Riccò*. Plus tard, lorsque la partie *efg* de la couche apparaît à l'observateur sous l'angle qui correspond au maximum de la diffraction, celui-ci ne peut plus se former, puisque les rayons solaires y sont absorbés. De fait, on observe souvent une disparition du cercle brun quelque temps avant la formation de la lumière pourprée; de semblables observations confirmeraient donc notre hypothèse de l'existence de cette partie *efg* non illuminée.

Si maintenant le soleil a atteint la dépression pour laquelle ses rayons diffractés en *g* arrivent pour la première fois vers l'observateur[1], celui-ci verra la formation d'un demi-cercle dont la coloration varie du rose au rouge-brun qui ne sera autre chose que la lumière pourprée. Mais cette lumière, produite par diffraction, se superposera à celle produite par diffusion, et il dépendra essentiellement de la grandeur relative de l'angle limite β de diffusion et de cet angle de diffraction que l'effet de diffusion soit visible avant ou après celui de diffraction. Dans le premier cas, le développement de la lumière pourprée sera tel que nous l'avons décrit précédemment; la diffraction ne fera qu'augmenter l'intensité de certaines parties de la lumière pourprée, elle influera peut-être un peu sur sa forme, mais elle ne produira pas de phénomène spécial séparé des lueurs diffusées. Dans le second cas la lumière pourprée diffractée, en forme de demi-cercle, se formera d'abord (et les observations montrent bien quelquefois ce développement initial, voir p. 10) mais sera bientôt submergée par la lumière diffusée et se développera ensuite comme dans le premier cas.

Ainsi, en admettant pleinement les effets de diffraction, il nous semble que l'explication complète des lumières pourprées exige nécessairement la mise en considération de la diffusion,

[1] La diffraction a lieu sous des angles strictement déterminés par la nature des particules, et ne peut être observée que pour des positions de l'observateur correspondant à cet angle.

et que celle-ci joue même le rôle principal dans leur formation.

E. *Remarques finales.* Ce rôle de la diffusion ressort surtout comme essentiel dans la théorie de la *lumière pourprée secondaire.* On est unanimement d'accord de considérer cette lumière comme un effet de réflexion (qui ne peut être qu'une réflexion diffuse) de la lumière pourprée principale sur une couche atmosphérique. Il est clair que dans notre théorie ce phénomène s'explique tout naturellement; mais pour les représentants de la théorie de la diffraction pure, ils se trouvent toujours dans la difficulté d'expliquer cette couche réfléchissante qui veut bien servir à réfléchir la première lumière pourprée, mais qui ne semble pas du tout en état de réfléchir les rayons solaires directs !

Dans nos études théoriques nous avons encore étudié, très sommairement, l'effet que produit une couche homogène troublante qui n'est pas concentrique à la surface terrestre, mais qui formerait un ellipsoïde de rotation aplati avec axe correspondant à l'axe de la terre. Nous ne pouvons indiquer ici tous ces développements qui d'ailleurs ne présentent aucune difficulté; nous nous bornons à indiquer simplement qu'*un pareil défaut de parallélisme entre la surface terrestre et la forme de la couche produit des anomalies de forme de la lumière pourprée*, en ce sens que celle-ci se trouve légèrement déplacée relativement au soleil : le soir en sens inverse de la marche apparente du soleil, le matin dans le même sens. C'est bien ce qui correspond aux observations de M. le Dr Schmid à Oberhelfenswil (voir page 17).

Nous terminons ici le résumé de notre travail, en laissant de côté maint petit détail et en rappelant que ce travail n'est qu'un premier commencement dans ce beau domaine des phénomènes crépusculaires; nous espérons qu'il encouragera encore beaucoup de naturalistes à s'en occuper dans l'avenir.

Berne, 26 octobre 1917.

SUR LA

PERMÉABILITÉ DU PROTOPLASME VIVANT

POUR QUELQUES SELS

PAR

Arthur TROENDLE

(Avec 4 fig.)

(Suite et fin.)

III. — Vitesse de pénétration de différents sels.

Nous avons trouvé au cours des expériences que nous allons présenter que la vitesse d'entrée dépend de la nature du sel, qu'elle est influencée par les deux constituants du sel, par le cation et par l'anion.

Traitons donc d'abord de l'influence du cation. La règle générale, c'est qu'il y a concordance très nette entre la vitesse d'entrée du sel et la position qu'occupe l'élément cation dans le système périodique des éléments. Dans un même groupe de parenté chimique, la vitesse d'entrée augmente avec le poids atomique du cation. Les preuves en sont réunies dans les tableaux suivants.

Lupinus albus, racine, région entre le 2me et le 3me millimètre, en arrière de l'extrémité, écorce moyenne et intérieure.
Oct.-Nov. 1916.

Sel	Longueur des racines millimèt.	Nombre des racines	Température	Différence de conc. d. sol. mol	Durée de séjour dans les sol.	Concentration plasmolysante	Quantité absorbée par minute
LiCl	11-20	8	18°	0,1	2 min.	0,40 mol	0,045 mol
	11-21	8	18	0,1	5 »	0,537 »	0,050 »
	13-19	8	17,5-18	0,1	10 »	0,787 »	
NaCl	15-20	8	18,5	0,1	2 »	0,425 »	0,062 »
	12-21	8	18-18,5	0,1	5 »	0,612 »	0,072 »
	16-20	8	18-18,5	0,1	10 »	0,975 »	
KCl	8-24	32	18-20	0,1	2 »	0,437 »	0,101 »
	12-24	24	18-19	0,1	5 »	0,741 »	0,097 »
	11-30	24	17-19,5	0,1	10 »	1,229 »	
RbCl	10-30	12	16-18,5	0,1	2 »	0,475 »	0,152 »
	10-19	12	16-19	0,1	5 »	0,933 »	

La différence entre le Na et le K a été vérifiée aussi dans le cas des palissades.

Acer platanoïdes, feuille, cellules palissadiques.

Sel	Nombre des feuilles	Durée de séjour dans les solutions	Concentration plasmolysante	Quantité absorbée par minute
NaCl	18	2 minutes	0,520 mol	0,021 mol
	18	5 »	0,583 »	0,020 »
	18	10 »	0,683 »	
KCl	6	2 »	0,541 »	0,022 »
	6	5 »	0,608 »	0,029 »
	6	10 »	0,754 »	

Les deux tableaux suivants contiennent les résultats relatifs au Mg, Ca, Sr et Ba.

Lapinus albus (1915). Région entre le 2me et le 3me millimètre en arrière de l'extrémité

Sel	Longueur des racines, milli-mètres	Nombre des racines	Tempé-rature	Différence de con-centration des solu-tions, mol	Durée de séjour dans les solu-tions, minu-tes	Concentration plasmolysante, mol			Quantité absorbée par minute, mol		
						Ecorce extérieure	Ecorce moyenne	Péricycle	Ecorce extérieure	Ecorce moyenne	Péricycle
$MgCl_2$	15-22	16	18°,5-19	0,025	2	0,070	0,091	0,073	0,025	0,032	0,036
	17-22	16	18-19	0,05	5	0,146	0,187	0,182	0.020	0,030	0,021
	14-47	8	18,5-19	0.1	10	0,250	0,337	0,287	0,040	0,046	0,040
	13-26	16	17	0,2	20	0,656	0,799	0.696			
$CaCl_2$	13-34	16	18-18,5	0,234	2	0,066	0,086	0,074	0 [1]	0	0
	15-24	16	17-18	0.025	5	0,067	0,091	0,089			
	14-25	8	17-17,5	»	10	0,070	0,090	0,081			
	10-45	16	18-20	»	20	0,067	0,094	0,077			
$SrCl_2$	13-19	8	18	0,025	2	0,073	0,092	0,081	0,0026	0,0043	0,0040
	17-22	8	18-19	»	5	0,081	0,105	0,093	0,0038	0,0055	0,0036
	19-33	16	17,5-18	0,06	20	0,139	0,188	0,148			
$BaCl_2$	13-29	16	16-19	0,025	2	0,066	0,088	0,074	0,0063	0,0083	0,0100
	13-22	16	16-19	»	5	0,085	0,113	0,104			
	13-18	8	16,5-17	0,05	10	0.081	0,112	0,090			
	11-38	16	17-18	0,08	20	0.173	0,249	0,199	0,0058	0,0091	0,0063

[1] La quantité absorbée de $CaCl_2$ était trop minime pour être évaluée par la méthode employée.

Acer platanoïdes (1916), Feuille, cellules palissadiques.

Sel	Nombre des feuilles	Durée de séjour dans les solutions	Concentration plasmolysante	Quantité absorbée par minute
$CaCl_2$	9	5 minutes	0,40 mol	0
	9	10 »	0,40 »	
	9	20 »	0,40 »	
	9	40 »	0,40 »	
$BaCl_2$	6	2 »	0,337 »	
	6	5 »	0,337 »	
	6	10 »	0,337 »	
	6	20 »	0,343 »	0,0007 mol

La règle énoncée plus haut se trouve confirmée pour les Ca, Sr et Ba. Quant au Mg, il ne paraît pas la suivre. Il me semble que cette différence n'est pas réelle, vu qu'au point de vue chimique les Ca, Sr et Ba se rapprochent très étroitement les uns des autres, tandis que le Mg occupe plutôt une position spéciale et se rapproche plus du Zn et du Cd. Mais, certainement, il y aura là de nouvelles expériences à faire pour élucider définitivement cette question.

D'autre part, ces mêmes expériences répondent d'une manière très précise à une autre question importante. Les particules du sel devant traverser la membrane cellulaire avant de pouvoir passer à travers le protoplasme, il s'agit de savoir si celle-ci, dans nos expériences plasmolytiques, a une influence sensible sur la vitesse d'entrée du sel. Il paraît d'autant plus justifié de poser cette question que quelques travaux importants (par exemple: Baumann et Gully 1910, Hansteen-Cranner 1914, Odén 1916, Skene 1915, Wieler 1912) nous ont fait connaître que la paroi cellulaire absorbe inégalement les deux ions, positifs et négatifs, d'un sel.

Maintenant, si nous comparons les concentrations plasmolysantes, après deux minutes des quatre sels: $MgCl_2$, $CaCl_2$, $SrCl_2$ et $BaCl_2$ nous voyons qu'elles sont à peu près de même grandeur. Elles sont équimoléculaires et la dissociation électrolytique des quatre sels étant à peu près la même, elles sont en même

temps isotoniques. Les quelques variations des chiffres sont irrégulières et dues à la variabilité du matériel. Dans la fig. 4 (p. 124), j'ai tracé les courbes d'absorption des quatre sels. On remarquera que ces courbes, partant toutes du même point, après deux minutes montent tout à fait différemment. Le $CaCl_2$ n'entrant pas d'une manière appréciable dans le protoplasme, sa courbe est tout à fait horizontale. Tout cela nous dit qu'après deux minutes, dans mes expériences, le pouvoir absorbant des parois cellulaires a dû être saturé et que l'entrée des sels dans le protoplasme ne commença qu'après ce temps-là. Les vitesses de pénétration constatées dans mes expériences, se rapportent donc exclusivement au protoplasme et ne sont pas influencées par le pouvoir absorbant des parois cellulaires.

Passons maintenant aux anions. Là aussi nous trouvons la même règle que dans les cations, mais à condition qu'il s'agisse des ions simples. C'est ce que nous montre le tableau suivant:

Lupinus albus, racine, région entre le 2me et le 3me millimètre en arrière de l'extrémité. Ecorce moyenne et intérieure.
Nov. 1916.

Sel	Longueur des racines millimét.	Nombre de racines	Température	Différence de concentration des sol.	Durée de séjour dans les solutions	Concentration plasmolysante	Quantité absorbée par minute
NaCl	11-20	8	18°	0,1	2 minut.	0,40 mol	
	11-21	8	18	0,1	5 »	0,537 »	0,045 mol
	13-19	8	17,5-18	0,1	10 »	0,787 »	0,050 »
NaBr	10-18	8	16-17	—	2 »	0,360 »	
	11-16	8	16-17	—	5 »	0,629 »	0,089 »
	11-14	8	16-17	—	10 »	1,082 »	0,090 »
NaJ	9-21	8	18	0,1	2 »	0,387 »	
	11-17	8	18-18,5	0,1	5 »	0,650 »	0,088 »
	15-21	8	17,5-18	0,1	10 »	1,100 »	0,090 »

Quant aux anions composés, le tableau de la p. 122 nous montre que les azotates passent plus vite que les chlorures et que ceux-ci entrent plus vite que les sulfates.

Lupinus albus (1915). Racine. Région entre le 2me et le 3me millimètre en arrière de l'extrémité

Sel	Longueur des racines milli-mètres	Nombre des racines	Tempé-rature	Différence de con-centration des solu-tions mol	Durée de séjour dans les solu-tions minu-tes	Concentration plasmolysante, mol			Quantité absorbée par minute, mol		
						Ecorce extérieure	Ecorce moyenne	Péricycle	Ecorce extérieure	Ecorce moyenne	Péricycle
NaCl	13-23	8	19°	0,1	2	0,200	0,243	0,237	0,129	0,144	0,146
	17-22	8	18 5-19	0,2	5	0,587	0,675	0,675	0,071	0,101	0,094
	15-37	16	17,5-18	0,2-0,4	20	1,653	2,196	2,093			
$NaNO_3$	17-24	8	17,5-18	0,2	5	0,700	0,850	0,800	0,140	0,190	0,150
	17-24	8	17,5-18	0,4	10	1,400	1,800	1,550	0,114	0,120	0,145
	18-38	6	—	0,5	20	2,541	3,000	3,000			
Na_2SO_4	10-18	8	17-18	0,05	5	0,196	0,250	0,225	0,019	0,021	0,022
	15-22	8	17,5-18	0,05	10	0,293	0,356	0,337			
KCl	18-35	16	16-19	0,1	2	0,228	0,284	0,281	0,126	0,128	0,125
	18-24	16	16-19	0,2	5	0,606	0,668	0,650	0,143	0,196	0,168
	17-35	8	16-16,5	0,4	10	1,325	1,650	1,500	0,050	0,063	0,066
	11-38	15	18,5-17	0,4-0,5	20	1,833	2,280	2,166			
KNO_3	15-19	8	18-18,5	0,25	5	1,073	1,198	1,167	0,153	0,156	0,159
	17-23	8	18-18,5	0,25	10	1,841	1,981	1,965	0,059	>0,101	>0,103
	14-23	6	—	0,4	20	2,433	>3,0	>3,0			
K_2SO_4	21-33	8	19	0,1	5	0,425	0,506	0,456	0,070[1]	0,081[1]	0,075[1]
$CaCl_2$	13-34	16	18-18 5	0,025	2	0,066	0,086	0,074	0	0	0
	15-24	16	17-18	»	5	0,067	0,091	0,089			
	14-25	8	17-17,5	»	10	0,070	0,090	0,081			
	10-45	16	18-30	»	20	0,067	0,094	0,077			
$Ca(NO_3)_2$	14-21	8	18-18,5	0,025	5	0,059	0,091	0,060			
	21-27	8	19	0,05	10	0,081	0,115	0 081	0,0044	0,0048	0,0042
	14-21	6	—	0,062	20	0,128	0,164	0,128	0,0047	0,0049	0,0047

[1] Une seule concentration plasmolysante ayant été déterminée, la quantité absorbée a été calculée par cette formule-ci : $\frac{C - c}{5}$. C = concentration plasmolysante du K_2SO_4, c = concentration du K_2SO_4 isotonique à la concentration plasmolysante de la saccharose (= pression osmotique normale de la cellule). Coefficient isotonique = 2,35. Les concentrations plasmolysantes de la saccharose sont indiquées à la page 41.

Acer platanoïdes (1915). Feuille. Cellules palissadiques

Sel	Nombre des feuilles	Durée de séjour dans les solutions	Concentration plasmolysante	Quantité absorbée par minute
$CaCl_2$	9	5 minutes	0,40 mol	0 mol
	9	10 »	0,40 »	
	9	20 »	0,40 »	
	9	40 »	0,40 »	
$Ca(NO_3)_2$	6	2 »	0,364 »	0,0033
	6	5 »	0,374 »	0,0042
	6	10 »	0,395 »	0,0024
	6	20 »	0,419 »	

Acer platanoïdes (1916). Feuilles, cellules palissadiques.

Sel	Nombre des feuilles	Durée de séjour dans les solutions	Concentration plasmolysante	Quantité absorbée par minute
KCl	6	2 minutes	0,541 mol	0.022 mol
	6	5 »	0,608 »	0,029 »
	6	10 »	0,754 »	0.012 »
	6	20 »	0,875 »	
KNO_3	5	2 »	0,570 »	0,040 »
	5	5 »	0,690 »	0,028 »
	5	10 »	0,830 »	0,008 »
	5	20 »	0,910 »	

Dans ce travail, la perméabilité du protoplasme a été mesurée par la quantité de sel absorbée par minute. Autrefois je me suis servi des coefficients de perméabilité, calculés suivant la formule $\mu = 1 - \frac{i'}{i}$ (voir Troendle, 1910), où μ signifie le coefficient de perméabilité, i' le coefficient isotonique trouvé dans l'expérience plasmolytique et i le coefficient isotonique théorique (= facteur de dissociation électrolytique). Fitting, assez pompeusement, a traité cette méthode de « ganz unbrauchbar » et de « geradezu irreführend » (1915, p. 3). Il s'agit donc de savoir, si les différences de vitesse d'entrée trouvées par la méthode de Fitting ne se laissent pas exprimer aussi bien par la méthode incriminée des coefficients de perméabilité. J'ai donc calculé dans les expériences portant sur le *Lupinus albus* pendant l'année 1915, les coefficients de perméabilité pour les cellules de l'écorce moyenne.

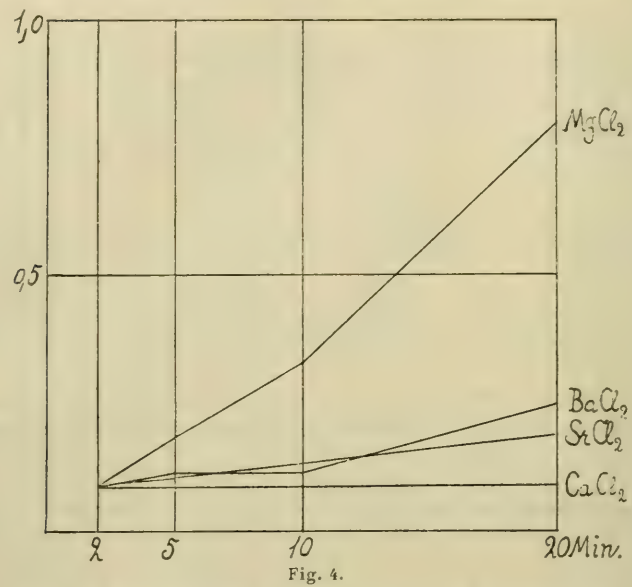


Fig. 4.
Courbes d'absorption de $MgCl_2$, $BaCl_2$, $SrCl_2$, et $CaCl_2$ (Lupinus albus).
Abscisses : Durée de séjour dans les solutions.
Ordonnées : Concentrations plasmolysantes.

Lupinus albus (1915). Racine, région entre le 2me et le 3me millimètre en arrière de l'extrémité, écorce moyenne.

Sel	i[1] (= coefficient isotonique)	μ Après 2	5	10	20 minut.	Quantité absorbée par minute[2]
$CaCl_2$	—	0	0	0	0	0
$SrCl_2$	2,5	0	0,11	—	0,51	0,0049
$BaCl_2$	2.5-2,4	0	0,18	0,17	0,61	0,0087
$MgCl_2$	2,39-2,32-2,23	0	0,48	0,71	0,87	0,0360
NaCl	1.79-1,67	0,47	0,80	—	0,94	0,1440
KCl	1,80-1,74	0,55	0,80	0,92	0,95	0,1620
$Ca(NO_3)_2$	2,42		0	0,17	0,42	0,0048
$Sr(NO_3)_2$	2,42		0,15	0.20	0.41	0.0049
$NaNo_3$	1,65		0,84	0,93	0.96	0,1550
KNO_3	1,65		0.89	0,94	> 0.96	0.1560
Na_2SO_4	2,25		0,59			0.021
K_2SO_4	2,16		0,79			0,081

[1] Calculés d'après les données, dans Hamburger, tome I (1902), sur la conductivité électrique.

[2] Voir les tableaux p. 119 et 122.

On voit bien que les différences caractéristiques de perméabilité s'aperçoivent aussi bien par la méthode des coefficients de perméabilité que par la méthode de Fitting. Évidemment on ne peut comparer les chiffres de μ qu'après la même durée de séjour dans les solutions, et il est à remarquer aussi que μ n'est proportionnel à la quantité absorbée que sous certaines conditions. Je veux me borner ici à ces quelques remarques, car, dans un autre travail (1918), je traiterai d'une manière plus précise de la théorie et de la valeur des deux méthodes. Toutefois, les quelques chiffres du tableau que nous venons de dresser, démontrent déjà le peu fondé de l'opinion de Fitting.

Dans la littérature botanique, on trouve quelques indications qui, en somme, ne sont que des confirmations de ce que nous venons de présenter dans ce chapitre. Pour faire mieux ressortir cela, rappelons que les cations favorisent l'entrée des sels dans la série suivante :

$$Ca < Sr < Ba < Mg < Li < Na < K < Rb ,$$

tandis que les anions forment cette série-ci :

$$SO_4 < Cl < NO_3$$
$$Cl < Br, I .$$

Dans un travail entrepris dans le but d'étudier l'adaptation osmotique à la concentration du milieu chez *Aspergillus niger* Pantanelli (1904) a constaté que le temps que met la déplasmolyse dans des solutions isotoniques de différents sels varie comme suit :

Sel	Durée de la déplasmolyse
23 is de KNO_3	2-3 heures
» $NaNO_3$	2-3 »
» $NaCl$	10-12 »
» $CaCl_2$	24-30 »

Donc le Na favorisait de beaucoup l'entrée en comparaison avec le Ca, et le No_3 l'emportait sur le Cl.

Ruhland (1909), en opérant sur des *Spirogyra* coloriés sur le vivant par une couleur d'aniline et mis dans des solutions salines, arrive à la conclusion que le protoplasme laisse pénétrer

le plus vite les azotates de K et Na, tandis que l'azotate de Ca est absorbé plus lentement. L'entrée des chlorures de K et de Na se faisait un peu plus lentement que celle des azotates, mais plus vite que celle de $CaCl_2$.

Lundegardh (1911) a étudié les racines de *Vicia faba.* Des racines entières sont plongées dans des solutions salines hypertoniques suivant une méthode, dont les détails se trouvent dans le travail original. Dans les solutions il y a d'abord plasmolyse. donc raccourcissement des racines. Puis le sel commence à entrer dans les cellules, donc déplasmolyse et allongement des racines. Lundegardh détermine la durée de la déplasmolyse, c'est-à-dire le temps que met l'allongement, ayant atteint 25 °/₀, pour arriver à 75 °/₀. La concentration étant la même dans les différents sels, la déplasmolyse s'effectuera d'autant plus vite que la perméabilité pour le sel est plus grande. Lundegardh n'est pas arrivé à tirer une conclusion précise de ses expériences, mais quand on les arrange de la façon suivante, on fait ressortir la ressemblance avec ce que j'ai trouvé moi-même:

Sel	Durée de la déplasmolyse	
NaCl	∞	minutes
LiCl	200	»
KCl	159	»
$Ca(NO_3)_2$	assez longue	»
KNO_3	45	»
NaCl	∞	»
Na_3PO_4	298	»
Na_2SO_4	127	»
NaI	120	»
NaBr	100	»

La position du NaCl reste douteuse, Lundegardh ne trouvant pas de perméabilité pour ce sel. Mais il doit y avoir là une erreur. comme d'ailleurs Lundegardh le remarque lui-même (1911, p. 136/137).

Une méthode inventée par Osterhout (1912) permet de déterminer la résistance qu'un tissu, plongé dans une solution saline, oppose au passage du courant électrique. A la plus petite perméabilité du protoplasme répond la plus grande résistance électrique. Par cette méthode, Osterhout a trouvé que les cel-

lules du thalle de *Laminaria* laissent passer facilement NaCl, LiCl, KCl, RbCl, CsCl et NH_4Cl, que le $MgCl_2$ pénètre plus lentement. et que $CaCl_2$, $SrCl_2$ et $BaCl_2$ ne passent que très lentement (1915, 1916).

Le même auteur, opérant sur des *Spirogyra* (1911), a indiqué que la déplasmolyse se fait très vite dans une solution de CsCl, moins vite dans les KCl et NaCl, et lentement dans le $CaCl_2$.

Quant aux cellules épidermiques de *Tradescantia (Rhœo) discolor,* Fitting (1915) trouve que Na et K entrent à peu près avec la même vitesse, mais que le Li pénètre moins vite. Pour les chlorures et les azotates de Mg, Ca, Sr et Ba, Fitting n'en pouvait pas constater l'entrée dans la cellule. Br se comporta comme le No_3 et le Cl et, en comparaison avec le So_4, favorisait l'entrée.

Nous avons à nous demander maintenant si ces différences de vitesse peuvent nous donner des indications sur le mécanisme de pénétration.

Les substances constitutives du protoplasme se trouvant dans un état colloïdal, le plus naturel serait certainement d'admettre que ce sont les forces d'adsorption qui jouent le rôle principal. Voyons ce qu'il en est et comparons nos résultats expérimentaux aux règles d'adsorption. Les données physico-chimiques servant de base à cette comparaison se trouvent dans Höber (1914).

Nous avions trouvé que l'entrée du sel a été favorisée par les cations dans l'ordre de la série suivante :

$$Ca < Sr < Ba < Mg < Li < Na < K < Rb .$$

Les cations univalents l'emportent ainsi sur les bivalents. C'est contraire à la règle de Hardy qui exprime que les suspensoïdes adsorbent plus fortement les cations bivalents.

Si nous regardons isolément les cations univalents et bivalents, nous arrivons à ceci :

Cations univalents : Sont favorisés dans l'ordre de la série suivante :

Précipitation de sulfure d'arsenic	$Li < Na < K$
» d'albumine alcaline	$Li < Na << K < Rb < Cs$
Absorption par la cellule	$Li < Na < K < Rb$.

Cations bivalents : Sont favorisés dans l'ordre de la série suivante :

Précipitation de sulfure d'arsenic	Mg < Ca < Sr
» de lécithine	Mg < Ca < Sr < Ba
Absorption par la cellule	Ca < Sr < Ba < Mg.

Excepté le Mg, dans chacun des deux groupes, il y a concordance entre la vitesse d'entrée et l'adsorption. Nous pourrions donc conclure de cela, si nous osions négliger la position du Mg, ce qui serait toujours dangereux que, dans chaque groupe, la vitesse d'entrée dépend directement de l'adsorption ; mais alors la différence des deux groupes serait à expliquer autrement.

Les règles physico-chimiques que nous venons d'énumérer se rapportent aux suspensoïdes. Quant aux colloïdes hydrophiles nous ne possédons pas de données aussi précises. Toutefois il est à remarquer que ces colloïdes n'adsorbent les ions des deux catégories qu'avec la même force, et que seuls les précipités dus à l'action des ions univalents sont réversibles.

Les doutes relatifs au rôle principal de l'adsorption sont augmentés encore de beaucoup, si nous apprenons que, par exemple, la saponification des éthers-sels par les alcalis est accélérée comme suit :

Li < K < Rb < Cs.

Un processus chimique, la formation d'une vraie combinaison chimique des ions avec quelque partie constitutive du protoplasme, pourrait donc aussi bien intervenir que l'adsorption purement physique.

Pour les anions, nous arrivons au même résultat peu satisfaisant :

Anions	Sont favorisés dans l'ordre de la série suivante :
Absorption par la cellule.	$SO_4 < Cl < NO_3$, $Cl < BrI$
Précipitation de $Fe(OH)_3$ (Suspens.)	$Cl < NO_3 < SO_4 <$ Citrate
» d'albumine acide. .	$CH_3COO < Cl < NO_3 < Br < I < SCN$
» » alcaline.	$CH_3COO > Cl > NO_3 > Br > I > SCN$
» de blanc d'œuf et de gélatine.	Citrate-Tartrate $> SO >_4 CH_3COO >$ $Cl > NO_3 > ClO_3 > I > SCN$

Anions	Sont favorisés dans l'ordre de la série suivante :
Diminution de solubilité de CO, N_2O, H etc.	$SO_4 > Cl > Br > I > SCN$
Augmentation du frottement intérieur de l'eau.	$SO_4 > Cl > NO_3, Br > I$
Augmentation de la tension superficielle de l'eau	$SO_4 > Cl > NO_3 > Br > I > SCN$
Saponification des éthers-sels . .	$SO_4 > CH_3COO > Cl > Br > NO_3 > I$.

Nous sommes donc amené à la conclusion que le mécanisme d'entrée des sels reste à élucider. La solution de cette question dépendra autant des progrès de la chimie physique que de nouvelles expériences physiologiques. Mais, en tout cas, la comparaison que nous venons de faire montrera que le mécanisme d'entrée est plus compliqué qu'on ne le pense au premier abord.

Je pense que l'hypothèse qui classe ces phénomènes d'entrée des sels parmi les ripostes répond par cela à cette complication. Quelque facteur extérieur, irritant le protoplasme vivant, y provoque une réaction. Les moyens par lesquels le protoplasme exécute cette réaction sont de nature physique et chimique. L'irritation libère dans le protoplasme des énergies jusqu'alors à l'état potentiel, ou dirige des énergies dans de nouvelles voies. Il y aura ainsi tout un jeu de forces qui aboutit à accomplir une réaction bien définie. Dans notre cas spécial, il se pourrait très bien que les forces d'adsorption entrent en jeu ; mais cela ne suffirait point. En effet, si l'on admet l'adsorption des ions à la surface de la membrane plasmique, cela n'expliquerait quand même pas la déplasmolyse. Pour que la cellule soit déplasmolysée, il faut que les ions traversent le protoplasme et arrivent dans la vacuole. Les ions adsorbés par les particules de la surface du protoplasme devraient donc être transportés par un mécanisme quelconque à travers le protoplasme pour être expulsés dans le suc cellulaire.

Conclusions.

1. Les sels, dans les solutions hypertoniques, sont absorbés d'abord avec une vitesse constante, caractéristique pour chaque sel. Une fois une certaine quantité de sel absorbée, la vitesse

d'entrée diminue de plus en plus. Dans la première partie de la courbe d'absorption, il y a proportionnalité entre la concentration et le temps, dans la seconde partie il y a proportionnalité entre la concentration et le logarithme du temps.

2. L'entrée des sels à travers le protoplasme vivant, ne suit pas la loi de diffusion de Fick.

3. Les différences de vitesse d'entrée dépendent autant de la qualité du cation que de celle de l'anion. Dans un même groupe chimique, il y a concordance entre l'influence d'un ion sur la vitesse d'absorption et sa position dans le système périodique des éléments.

4. Les faits expérimentaux peuvent être reliés par cette hypothèse-ci: Les sels irritent le protoplasme qui répond par le transport à son intérieur du sel. Pendant l'exécution de cette réaction, des changements de nature inconnue arrivent dans le protoplasme, changements qu'on peut désigner par le mot de fatigue. Cette fatigue, en s'accroissant, suit la loi de Weber.

BIBLIOGRAPHIE

Baumann et Gully, Untersuchungen über die Humussäuren, 2, *Mitt. d. k. bayr. Moorkulturanstalt*, 1910, Heft 4.

Czapek, F., Ausblicke auf biologische Adsorptionserscheinungen, *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 56, 1915, p. 84-111.

Fitting, H., Untersuchungen über die Aufnahme von Salzen in die lebende Zelle. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 56, 1915, p. 1-64.

Id., Untersuchungen über isotonische Koeffizienten, etc. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 57, 1917, p. 553-612.

Hamburger, H. J., Osmotischer Druck und Jonenlehre in den medizinischen Wissenschaften, tome I, Wiesbaden, 1902.

Hansteen-Cranner, Über das Verhalten der Kulturpflanzen zu den Bodensalzen, III. Beiträge zur Biochemie und Physiologie lebender Zellen. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 53, 1914, p. 536-598.

Höber, R., Physikalische Chemie der Zelle und der Gewebe, 4me édition, Leipzig, 1914.

Lundegardh, H., Über die Permeabilität der Wurzelspitzen von Vicia faba unter verschiedenen äusseren Bedingungen. *Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar*, 47, 1911, N° 3, p. 1-254.

MAGOWAN, Fl., The toxic effect of certain common salts of the soil on plants, *Bot. Gazette*, 45, 1908, p. 45-49.

MASSART, J., Essai de classification des réflexes non nerveux. *Recueil de l'institut botanique, Université de Bruxelles*, 5, 1902, p. 297-345.

NATHANSOHN, A., Über die Regulation der Aufnahme anorganischer Salze durch die Knollen von Dahlia, *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 39, 1904, p. 607-644.

ODÉN, S. Zur Frage der Acidität der Zellmembranen, *Ber. d. deutsch. bot. Ges.*, 34, 1916, p. 648-660.

OSTERHOUT, W. J. V., On the importance of physiologically balanced solutions for plants, *Bot. Gazette*, 42, 1906, p. 127-134.

ID., The antagonistic action of magnesium and potassium, *idem*, 45, 1908, p. 117-124.

ID., Die Schutzwirkung des Natriums für Pflanzen, *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 46, 1909, p. 121-136.

ID., The permeability of living cells to salts and balanced solutions. *Science*, N. S., 34, 1911, p. 181-189.

ID., The permeability of protoplasme to ions and the theory of antagonism, *Science*, N. S., 35, 1912, p. 112.

ID., Extreme alterations of permeability without injury, *Bot. Gazette*, 59, 1915, p. 242-253.

ID., On the decrease of permeability due to certain bivalent kations, *idem*, 59, 1915, p. 317-330.

ID., The effect of some trivalent and tetravalent kations on permeability, *idem*, 59, 1915, p. 464-473.

ID., Reversible changes in permeability produced by electrolytes, *Science*, N. S., 36, 1916, p. 350-352.

OVERTON, E., Über die osmotischen Eigenschaften der lebenden Pflanzen- und Tierzelle, *Vierteljahresschrift d. naturf. Ges. Zürich*, 40, 1895, p. 1-43.

ID., Über die osmotischen Eigenschaften der Zelle in ihrer Bedeutung für die Toxikologie und Pharmakologie, *idem*, 41, 1896, p. 383-406.

ID., Über die allgemeinen osmotischen Eigenschaften der Zelle, ihre vermutlichen Ursachen und ihre Bedeutung für die Physiologie, *idem*, 44, 1899, p. 88-135.

ID., Studien über die Aufnahme der Anilinfarben durch die lebende Zelle, *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 34, 1900, p. 669-701.

PANTANELLI, E., Zur Kenntnis der Turgorregulation bei Schimmelpilzen, *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 40, 1904, p. 303-367.

PFEFFER, W., Locomotorische Richtungsbewegungen durch chemische Reize, *Unters. a. d. bot. Inst. z. Tübingen*, 1, 1881-1885 (Heft 3, 1884), p. 363-482.

ID., Über die Aufnahme von Anilinfarben in lebende Zellen, *idem*, 2, 1886-1888, p. 179-329.

RUHLAND, W., Beiträge zur Kenntnis der Permeabilität der Plasmahaut, *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 46, 1909, p. 1-54.

ID., Studien über die Aufnahme von Kolloiden durch die pflanzliche Plasmahaut, *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 51, 1912, p. 376-431.

ID., Weitere Beiträge zur Kolloidchemie und physikalischen Chemie der Zelle, *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 54, 1914, p. 391-447.

RYSSELBERGHE, Fr. van, Influence de la température sur la perméabilité du protoplasme vivant pour l'eau et les substances dissoutes, *Recueil de l'institut botanique*, *Université de Bruxelles*, 5, 1902, p. 209-249.

SKENE, M., The acidity of Sphagnum and its relations to chalk and mineral salts, *Annals of Botany*, 29, 1915, p. 65-86.

SZÜSS, J., Studien über Protoplasmapermeabilität. Über die Aufnahme der Anilinfarben durch die lebende Zelle und ihre Hemmung durch Elektrolyte, *Sitzungsber. d. k. k. Akad. d. Wiss., Wien, math.-nat. Klasse*, 119, Abt. I, 1910, p. 737-773.

TROENDLE, A., Der Einfluss des Lichtes auf die Permeabilität der Plasmahaut, *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 48, 1910, p. 171-282.

ID., Untersuchungen über die geotropische Reaktionszeit und über die Anwendung variationsstatistischer Methoden in der Reizphysiologie, *Nouveaux Mémoires de la Société helvétique d. sc. naturelles*, 51, 1915, p. 1-83.

ID. Über die Permeabilität der Wurzelspitze für Salze, *Actes de la Soc. helvétique d. sc. nat.*, 97me session, 1915, 2me partie, p. 203-205.

ID., Über den Einfluss des Lichtes auf die Permeabilität der Plasmahaut und die Methode der Permeabilitätskoeffizienten. *Vierteljahresschrift d. Naturf. Ges. in Zürich*, 63, 1918.

DE VRIES, H., Eine Methode zur Analyse der Turgorkraft, *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 14, 1884, p. 427-601.

WIELER, Die Acidität der Zellmembranen, *Ber. d. deutsch. bot. Ges.*, 30, 1912, p. 394-406.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AUX

FORTIFICATIONS DE SAINT-MAURICE

PENDANT LES MOIS DE

Septembre, octobre et novembre 1917

(AUTOMNE 1917)

OBSERVATIONS DIVERSES

Septembre 1917

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée :* le 30, à Dailly et à l'Aiguille.

Orage : le 5.

Octobre 1917

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée :* les 27 et 28, à Savatan ; le 19, à Dailly et à l'Aiguille.

Neige sur le sol : les 6, 12, 20, 21, 24, 25 et 29, à Dailly ; les 6, 12, du 20 au 22, du 24 au 26 et du 29 au 31, à l'Aiguille.

Orage : le 8.

Novembre 1917

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée ;* les 15 et 29, à Lavey ; le 30, à Savatan ; les 8, 20 et 21, à Dailly et à l'Aiguille.

Neige sur le sol : le 27, à Lavey ; les 8, 9, 26 et 27, à Savatan ; du 8 au 19 et du 26 au 30, à Dailly ; du 8 au 21 et du 26 au 30, à l'Aiguille.

MOIS DE SEPTEMBRE 1917

Jour du mois	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Temp. moyenne		Hygromètre Fraction de satur. moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et Neige (hauteur mesurée)							
										Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm	mm	°	°	%	%				mm.	cm	mm	cm	mm	cm	mm	cm
1	705.6	660.5	14.1	10.4	65	81	0	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
2	706.9	661.8	13.3	10.7	56	82	7	5	5	....	....	....	....	....	....	....	....
3	708.7	663.2	14.0	10.6	67	72	0	2	2	....	....	....	....	....	....	....	....
4	706.2	661.1	13.8	12.1	82	72	0	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
5	703.3	659.1	15.8	15.1	80	56	1	3	2	....	....	....	....	....	....	....	....
6	**701.9**	**658.4**	17.3	15.5	62	42	3	2	3	3.4	....	1.2	....	5.5	....	5.6	....
7	705.0	659.6	14.3	11.7	83	78	5	5	4	0.1	....	3.6	....	0.3	....	0.2	....
8	706.7	661.7	14.5	13.5	85	55	3	6	5	....	....	....	....	....	....	....	....
9	707.8	662.7	15.3	12.8	78	59	3	3	4	....	....	....	....	....	....	....	....
10	707.8	662.9	15.0	14.1	83	62	1	1	2	9.8	....	6.8	....	8.3	....	8.1	....
11	705.3	661.7	18.1	14.8	66	62	3	6	5	18.0	....	12.5	....	11.1	....	11.2	....
12	703.4	658.9	13.9	10.7	100	91	10	10	9	**35.0**	....	**33.5**	....	**38.5**	....	**38.1**	....
13	707.4	661.4	12.0	**8.1**	55	66	3	7	5	0.1	....	0.2	....	0.2	....	0.2	....
14	708.5	662.8	**11.8**	10.9	72	51	7	7	6	....	....	....	....	....	....	....	....
15	709.9	664.0	15.6	13.3	70	64	1	3	4	....	....	....	....	....	....	....	....
16	708.0	662.4	15.8	16.1	73	53	0	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
17	706.8	662.5	17.7	18.2	57	37	1	1	2	....	....	....	....	....	....	....	....
18	708.5	664.1	**19.1**	21.3	58	**27**	2	2	2	....	....	....	....	....	....	....	....
19	709.9	666.1	18.7	**22.0**	58	28	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
20	710.4	665.6	17.8	17.7	55	32	6	6	6	2.4	....	0.8	....	0.1	....	0.1	....
21	**711.3**	**666.5**	16.3	14.6	69	66	4	4	4	....	....	....	....	....	....	....	....
22	710.9	665.8	14.2	14.2	78	61	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
23	710.0	664.0	15.7	15.3	67	43	0	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
24	709.3	663.4	15.7	17.6	67	46	2	2	2	....	....	....	....	....	....	....	....
25	708.3	663.5	16.8	16.4	61	51	0	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
26	708.2	664.1	17.7	16.4	**54**	41	1	2	1	....	....	....	....	....	....	....	....
27	709.6	665.0	16.9	16.5	66	41	3	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
28	709.9	665.4	15.8	14.1	71	72	5	3	2	....	....	....	....	....	....	....	....
29	709.9	664.5	14.7	14.5	88	71	3	3	3	....	....	....	....	....	....	....	....
30	709.4	664.1	14.9	11.1	85	**94**	2	4	4	....	....	....	....	....	....	....	....
Mois	707.83	662.90	15.55	14.35	70	59	2.6	3.1	2.9	68.8	....	58.6	....	64.0	....	63.5	....

MOYENNES DU MOIS DE SEPTEMBRE 1917

Pression atmosphérique

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm	1 h. s. mm	9 h. s. mm	Moyenne mm	7 h. m. mm	1 h. s. mm	9 h. s. mm	Moyenne mm
1re déc	706.37	705.59	705.99	705.98	661.05	660.89	661.38	661.11
2me »	707.98	707.17	708.27	707.81	662.91	662.78	663.16	662.95
3me »	709.94	709.48	709.66	709.69	664.76	664.51	664.62	664.63
Mois	708.10	707.42	707.97	707.83	662.91	662.73	663,06	662.90

Température

	7 h. m. o	1 h. s. o	9 h. s. o	Moyenne o	Min. moyen o	Max. moyen o
Savatan						
1re déc.	11.06	18.60	14.54	14.73	10.7	19.8
2me »	13.28	19.52	15.32	16.04	12.1	20.4
3me »	12.91	19.19	15.51	15.87	12.5	20.3
Mois	12.42	19.10	15.12	15.55	11.7	20.2
Dailly						
1re déc.	10.34	15.32	12.28	12.65	9.6	17.0
2me »	12.99	18.51	14.48	15.32	10.9	20.1
3me »	12.77	17.83	14.60	15.07	11.9	18.9
Mois	12.03	17.22	13.79	14 35	10.8	18.7

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re déc.	91	56	75	74	79	56	63	66
2me »	71	56	72	66	56	45	52	51
3me »	81	59	72	71	66	53	58	59
Mois	81	57	73	70	67	52	57	59

Nébulosité

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moy.	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moy.	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moy.
1re déc.	2.8	2.8	1.3	2.3	2.9	3.1	2.9	3.0	2.7	3.3	2.6	2.9
2me »	3.8	3.6	2.6	3.3	4.6	5.2	2 8	4.2	4.7	4.1	3.2	4.0
3me »	2 9	2.3	1.2	2.1	2.1	2.5	1.6	2.1	1.9	2.1	1.8	1.9
Mois	3.2	2.9	1.7	2.6	3.2	3.6	2.4	3.1	3.1	3.2	2.5	2.9

MOIS D'OCTOBRE 1917

Jour du mois	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Temp. moyenne		Hygromètre Fraction de satur moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et neige (hauteur mesurée)							
										Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm	mm	°	°	%	%				mm	cm	mm	cm	mm	cm	mm	cm
1	709.3	**664.4**	14.4	13.5	86	56	0	2	1	....	....	....	....	....	....	....	....
2	708.7	663.1	14.4	**14.2**	73	47	0	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
3	707.6	661.1	**15.4**	12.6	64	57	9	6	9	....	....	....	....	....	....	....	....
4	704.7	659.6	13.9	12.5	75	72	8	5	4	....	....	....	....	....	....	....	....
5	703.1	657.4	9.3	8.2	87	60	8	10	9	25.0	....	22.0	....	29.9	9	29.8	10
6	706.1	659.1	5.1	3.8	75	94	8	8	8	6.0	....	6.4	....	5.8	....	5.9	....
7	705.2	658.0	5.3	5.5	66	**40**	7	4	4	15.0	....	15.8	....	16.1	....	16.0	....
8	701.9	655.6	8.1	6.4	63	42	9	10	9	3.0	....	3.7	....	5.1	....	5.2	....
9	697.8	652.0	10.6	8.7	100	83	10	10	10	12.5	....	16.0	....	15.5	....	15.2	....
10	695.0	650.2	8.3	5.9	100	94	10	10	10	20.0	....	24.5	....	18.4	....	18.1	....
11	693.0	650.6	2.6	0.2	97	100	10	10	10	**26.7**	....	**31.9**	....	**47.1**	**19**	**46.4**	**21**
12	699.2	652.3	4.3	1.8	81	81	8	10	8	2.6	....	4.1	....	2.6	....	2.7	....
13	694.4	649.0	7.6	7.8	79	58	8	9	7	11.2	....	10.2	....	10.5	....	10.3	....
14	697.7	651.1	5.8	3.4	91	84	8	5	6	0.2	....	0.5	....	0.6	....	0.4	....
15	705.3	657.0	4.6	2.3	98	93	10	9	4	3.3	....	3.1	....	2.1	....	2.2	....
16	709.1	662.0	5.1	3.1	85	77	5	2	2	....	....	....	....	....	....	....	....
17	704.8	658.5	3.9	3.2	86	59	6	6	5	....	....	....	....	....	....	....	....
18	704.1	657.5	7.1	4.4	**55**	65	5	5	4	4.6	....	4.0	....	4.6	....	4.5	....
19	706.3	659.3	3.8	0.7	100	100	10	10	10	11.3	....	19.5	....	19.8	5	20.1	6
20	709.2	661.0	3.8	0.3	80	89	6	8	5	....	....	....	....	0.2	....	0.2	....
21	**710.4**	661.9	3.2	1.8	82	63	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
22	709.8	662.6	4.1	4.6	87	53	3	4	4	....	....	....	....	....	....	....	....
23	702.1	655.9	4.8	2.7	82	71	6	6	5	4.8	....	5.3	....	14.6	4	14.9	4
24	700.0	654.2	1.1	-1.4	96	88	8	7	6	10.5	....	7.5	....	7.1	4	6.7	4
25	704.1	656.1	5.5	3.7	72	61	8	9	8	2.3	....	0.9	....	....	....	....	....
26	703.4	656.6	6.1	5.5	79	62	1	1	2	....	....	....	....	....	....	....	....
27	696.8	651.2	7.0	4.5	78	69	6	9	6	9.5	....	8.5	....	6.8	....	6.6	....
28	**692.4**	**644.4**	3.9	4.0	100	98	10	10	5	16.5	....	18.1	....	21.6	6	21.4	7
29	703.0	655.1	2.4	**-1.9**	76	95	7	7	6	....	....	....	....	....	....	....	....
30	701.9	654.0	**0.4**	-0.5	64	51	1	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
31	703.3	655.7	1.8	0.8	68	41	6	6	3	....	....	....	....	....	....	....	....
Mois	703.09	656.35	6.25	4.59	82	71	6.5	6.4	5.6	185.0	....	202.0	....	228.4	47	226.6	52

MOYENNES DU MOIS D'OCTOBRE 1917

Pression atmosphérique

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm	1 h. s. mm	9 h. s. mm	Moyenne mm	7 h. m. mm	1 h. s. mm	9 h. s. mm	Moyenne mm
1re déc.	704.18	704.10	703.81	704.03	658.24	658 10	657.82	658.05
2me »	702.20	702.28	703.94	702.81	655.29	655.69	656.54	655.84
3me »	703.04	701.90	702.51	702.49	655.72	655.04	654.99	655.25
Mois	703.14	702.73	703.39	703.09	656.39	656.24	656.40	656.35

Température

	Savatan					
	7 h. m. °	1 h. s. °	9 h. s. °	Moyenne °	Min. moyen °	Max. moyen °
1re déc.	9.44	12.56	9.40	10.47	7.0	13.9
2me »	3.06	7.49	4.02	4.86	1.7	8.4
3me »	1.63	6.48	2.93	3.68	0.5	7.6
Mois	4.61	8.77	5.37	6.25	3.0	9.9

	Dailly					
1re déc.	8.07	10.70	8.60	9.12	5.6	12.8
2me »	1.85	4.32	2.00	2.72	–0.1	6.6
3me »	0.65	4.19	1.65	2.16	–1.9	5.8
Mois	3.43	6.33	4.00	4.59	1.1	8.3

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re déc.	86	71	80	79	67	62	65	65
2me »	93	68	94	85	81	74	86	81
3me »	87	61	93	80	73	65	67	68
Mois	89	67	89	82	73	67	73	71

Nébulosité

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moy.	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moy.	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moy.
1re déc.	7.3	6.2	7.4	7.0	7.4	6.4	5.7	6.5	7.3	5.6	6.6	6.5
2me »	6.9	8.1	7.8	7.6	7.8	7.1	7.5	7.5	6.3	5.8	6.2	6.1
3me »	5.5	5.7	4.1	5.1	5.6	6.4	4.4	5.5	4.2	4.9	3.3	4.2
Mois	6.5	6.6	6.4	6.5	6.9	6.6	5.8	6.4	5.9	5.4	5.3	5.6

MOIS DE NOVEMBRE 1917

Jour du mois	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Temp. moyenne		Hygromètre Fraction de satur. moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et Neige (hauteur mesurée) Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm	mm	°	°	%	%				mm	cm	mm	cm	mm	cm	mm	cm
1	707.5	658 8	3.2	1.9	57	41	1	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
2	708.4	661.8	6.2	6.6	**40**	34	5	8	5	....	....	....	....	....	....	....	....
3	708.6	661.3	6.9	7.7	68	47	0	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
4	707.1	660.8	6.7	6.5	67	42	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
5	707.2	662.0	4.9	6.5	63	32	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
6	705.2	659.7	4.4	5 9	77	32	0	2	1	....	....	....	....	....	....	....	....
7	701.9	658.1	**7.1**	5.7	60	56	6	4	4	23.0	....	22.2	7	30.1	13	29.6	13
8	702 2	653.2	0.6	–1.6	88	86	7	7	7	2.1	....	0.5	....	0.2	1	0.4	1
9	698.3	651.7	1.5	0.6	57	56	9	10	9	12.0	....	11.2	....	9.9	4	9.5	4
10	**692.9**	**645 6**	2.7	–0.7	82	79	6	8	6	11.2	....	10.2	....	0.5	....	0 4	....
11	698.2	**645.6**	1.9	–1.5	67	63	4	5	6	....	....	....	....	....	....	....	....
12	703.1	654.3	1.4	0.1	62	50	1	2	1	....	....	....	....	....	....	....	....
13	704.1	656.3	1.8	0.7	70	67	6	5	4	....	....	....	....	....	....	....	....
14	706.9	659.2	1.4	0.7	83	72	2	2	4	....	....	....	....	....	....	....	....
15	709.7	661.2	1.5	0.0	84	78	7	7	5	0.5	....	....	....	3.5	2	3.4	3
16	712.1	663.9	1 3	–1 2	46	41	0	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
17	712.8	665.0	1.6	1.0	50	40	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
18	**715.3**	666.2	1.1	2.8	71	49	0	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
19	715.1	**666.7**	0 0	3 7	77	38	0	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
20	713 8	665.3	0.9	4.1	87	48	4	5	4	....	....	....	....	1.0	....	1.1	....
21	708.0	661.6	2 0	2.4	**98**	96	10	10	10	**35.0**	....	**40.0**	....	**37.9**	....	**37.5**	....
22	709.5	662.3	6 8	4.6	84	85	4	5	4	....	....	....	....	....	....	....	....
23	712.6	665 1	4.1	2.9	66	54	0	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
24	711.0	664.2	2.5	5.1	64	43	0	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
25	701.4	655.0	3.3	3.5	69	54	7	7	8	16.5	1	15.5	**11**	23.7	**22**	23.9	**23**
26	703 8	655.0	–1.6	**–5.1**	96	**100**	7	9	10	3 2	**6**	5.2	7	8.2	7	8.5	8
27	708.8	659.6	**–1.9**	–2.8	78	87	8	7	6	5 5	....	7.8	....	7.7	....	7.4	....
28	712.2	664.0	1.9	3 3	86	94	4	4	4	....	....	....	....	....	....	....	....
29	714.7	665 9	2.5	6.5	95	53	7	1	0	....	....	....	....	....	....	....	....
30	710.9	664.5	3.4	**8.1**	83	**31**	3	5	2	....	....	....	....	....	....	....	....
Mois	707 44	659.79	2.67	2.60	72	58	3.6	3.9	3.6	109.0	7	112.6	25	122.7	49	121.7	52

MOYENNES DU MOIS DE NOVEMBRE 1917

Pression atmosphérique

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	704.35	703.61	703.83	703.93	657.79	657.38	656.67	657.28
2me »	708.57	708.82	709.91	709.10	659.91	660.30	660.89	660.37
3me »	709.86	709.12	708.91	709.30	661.96	661.60	661.58	661.71
Mois	707.59	707.18	707.55	707.44	659.89	659.76	659.71	659.79

Température

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	Min. moyen	Max. moyen
	o	o	o	o	o	o
Savatan						
1re déc.	1.91	7.67	3.62	4.40	0.6	8.2
2me »	-0.98	3.84	1.05	1.30	-1.6	4.8
3me »	0.58	4.59	1.74	2.30	-1.0	5.4
Mois	0.50	5.37	2.14	2.67	-0.7	6.1
Dailly						
1re déc.	2.35	6.25	3.18	3.93	0.3	8.1
2me »	-0.64	3.52	0.24	1.04	-2.6	4.9
3me »	1.75	4.16	2.64	2.85	-1.4	6.5
Mois	1.15	4.64	2.02	2.60	-1.2	6.5

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re déc.	69	49	80	66	50	49	52	50
2me »	76	58	75	70	57	50	56	55
3me »	87	71	88	82	74	65	70	70
Mois	77	59	81	72	60	55	59	58

Nébulosité

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moy.	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moy.	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moy.
1re déc.	4.3	3.0	2.9	3.4	3.8	4.8	3.5	4.0	3.0	4.4	2.7	3.4
2me »	1.9	3.6	1.7	2.4	2.7	2.8	2.7	2.7	2.2	2.9	3.1	2.7
3me »	5.0	5.2	4.9	5.0	4.6	5.4	5.2	5.1	4.1	4.5	5.2	4.6
Mois	3.7	3.9	3.2	3.6	3.7	4.3	3.8	3.9	3.1	3.9	3.7	3.6

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES[1]

Assemblée générale du 23 juin 1917.

M. Moreillon. Enneigement temporaire du Suchet. — L'abbé Mermet. Anciennes et nouvelles méthodes de découvrir les sources et objets souterrains. — E. Wilczek. Survivance d'un usage préhistorique. — Ernest Muret. Le traitement des forêts.

M. Moreillon. — *Enneigement temporaire du Suchet.*

L'abbé Mermet. — *Anciennes et nouvelles méthodes de découvrir les sources et objets souterrains.*

I. *Historique.* — Après des allusions assez directes à la baguette des sourciers, déjà au troisième millénaire avant Jésus-Christ, on trouve des traces formelles de ces pratiques chez les Romains, entre autres dans les ouvrages de Cicéron. *L'Univers et la Science* de Kræmer affirme qu'on se servait, dès le début du XII[e] siècle, de la baguette, appelée alors *Virga mercurialis* ou *Virga divina.*

Mais, dès le début du XV[e] siècle, les auteurs parlent couramment de la baguette comme moyen de découvrir sources, trésors enfouis, ou gisements de minérais et métaux.

Le conférencier cite dans chaque siècle, du XV[e] jusqu'à nos jours, les noms des sourciers les plus fameux, et des écrivains connus qui ont traité ce sujet. La bibliographie en est très abondante.

Cependant ce n'est que vers le milieu du XIX[e] siècle que les savants apportèrent des arguments sérieux pour la justification scientifique de la baguette, les uns attribuant sa sensibilité à des « corpuscules » ou « émanations » qui s'échapperaient des corps — les autres

[1] Vu la dureté des temps, nous nous voyons obligés, à notre grand regret, de réduire, parfois considérablement, la place consacrée aux communications faites à la Société vaudoise des Sciences naturelles. *Réd.*

à l'électricité, d'autres enfin au magnétisme ou à l'électro-magnétisme. Mais, selon M. Mermet, dont la théorie se trouve maintenant appuyée par plusieurs savants sérieux, c'est à la *radioactivité* des corps qu'il faudrait attribuer la rotation de la baguette ou les oscillations du pendule.

II. *Radioactivité.* — Selon cette théorie, l'homme serait une pile électrique à double circuit, possédant, comme toute pile, un pôle positif et un pôle négatif. Le cerveau et les centres nerveux seraient des accumulateurs d'énergie. Le sol, étant de nature électro-magnétique, tantôt négative, tantôt positive, selon les corps qu'elle a à sa surface ou dans son sein, chaque fois que le pied « positif » d'un sensitif se pose sur une zone « négative » de la terre, en vertu de la loi de physique universellement connue, par laquelle les électricités de sens contraire s'attirent et tendent à se pénétrer, il se produit dans tout le système nerveux de cet homme, une sensation qui accuse la présence, sur ou dans la terre, d'un corps radiant. C'est la rupture d'équilibre du potentiel humain et du potentiel tellurique.

Mais cette sensation qui, dans la personne d'un sensitif comme M. Mermet, est à l'état vague, et ne se révèle que par un pied plus lourd qu'il a peine à détacher du sol à cet endroit, et par un tiraillement nerveux dans les jambes, à telle enseigne qu'il ne saurait demeurer longtemps sur un courant d'eau souterrain, cette sensation, dénonciatrice d'un corps radiant dans le voisinage, *s'amplifie* et se précise par les oscillations d'un pendule ou les réactions de la baguette. En sorte que le pendule, par son extrémité libre, et la baguette par l'équilibre instable de son ressort, deviennent comme des aiguilles de cadran, et font fonction d'amplificateurs, mais aussi d'indicateurs, relativement à l'énergie radioactive qui va de la terre à l'homme.

Tous les corps sans exception, métaux, végétaux, animaux, minéraux sont radioactifs. L'homme n'échappe pas à cette loi, et M. Mermet montra, par une expérience qui paraissait concluante, le champ d'ondes ou périmètre radioactif qui se forme autour d'un homme quel qu'il soit, et qui varie suivant les heures du jour, suivant la marée et bien d'autres causes de variation. . . . .

De tous les éléments, celui qui semble contenir les plus fortes proportions de radioactivité, est l'eau en mouvement et sous terre. Puis viennent les métaux et les minerais. Le vide lui-même (grotte, tunnel ou cavité fermée quelconque), par sa différence de densité, réagit sur le corps de M. Mermet et sur l'appareil qu'il tient entre ses mains.

C'est ainsi qu'il peut se rendre compte d'une façon qu'il dit absolument certaine, de la présence d'une source, d'une cavité, d'une mine de charbon, pétrole, etc. et même, par le moyen de *réactifs* qu'il porte avec lui, spécifier s'il s'agit d'eau minérale sulfureuse ou ferru-

gineuse, etc., et de houille, coke ou anthracite, etc. Il a repéré exactement par ce procédé, le passage des eaux minérales de Loëche, de Lavey, d'Aix, etc., en distinguant parfaitement le courant d'eau minérale de celui d'eau de source ordinaire. A Miers (Lot, France) il a découvert une eau minérale qui est appelée à faire concurrence à celle de Carlsbad.

III. *Expériences.* — Dans l'après-midi, M. l'abbé Mermet a été invité à se rendre sur le terrain pour y faire l'application de ses théories.

Le temps très court dont il disposait ne lui permit pas de multiplier les expériences. Mais, à Jorat l'Evêque, cinq minutes lui suffirent pour repérer exactement, en présence de M. l'ingénieur de la ville, une conduite de la ville de Lausanne qui lui était inconnue et qui n'avait rien d'apparent ; il détermina même exactement le diamètre et la profondeur de la conduite.

E. Wilczek. — *Survivance d'un usage préhistorique.*

L'attention de M. Wilczek a été attirée sur l'usage de l'écorce de bouleau en qualité de chandelle ou flambeau par un très intéressant travail de M. le professeur Dr L. Rutimeyer[1].

Il existe au Musée national des morceaux d'écorce de bouleau enroulés en forme de cylindre ; ils ont été trouvés en partie à Schötz. Leur usage est resté inconnu jusqu'au moment où M. l'abbé Breuil, le préhistorien le plus autorisé de notre époque, déclara que ces écorces avaient dû servir comme bougies ou torches. M. l'abbé Breuil en a rencontré dans des vallées reculées d'Espagne de toutes semblables servant aujourd'hui encore à cet usage.

L'assistant de M. le professeur Senn, à Bâle, M. le Dr Bassalik signale que cette coutume existe encore aujourd'hui en Posnanie. Cet usage survit encore chez nous.

Dans les montagnes de Bex, ainsi que dans la vallée de Zermatt on se sert pour allumer le feu, même par le plus mauvais temps, soit d'écorce de bouleau soit d'écorce de cytise. Certains montagnards en portent toujours un morceau dans la poche de leur gilet. M. Wilczek démontre la facilité avec laquelle brûle l'écorce de bouleau.

Ernest Muret. — *Le traitement des forêts.*

Le revenu de la forêt est en général très faible, surtout si l'on tient compte de la valeur du capital engagé, représenté par les bois sur pied. Ce revenu pourrait être augmenté dans une très forte proportion si les propriétaires de forêts, — généralement des administrations publiques, — se décidaient à les cultiver de façon plus inten-

[1] Uber einige archaistische Gerätschaften und Gebräuche im Kanton Wallis und ihre prähistorischen und ethnographischen Parallelen.

sive, au lieu de les considérer comme une manifestation de la nature sur laquelle l'homme n'aurait que peu ou pas d'action.

Cela serait d'autant plus nécessaire qu'à l'heure qu'il est l'humanité consomme probablement plus de bois que la terre n'en produit. Or il importe de se hâter, car la forêt est lente à réagir aux modifications du traitement auquel on la soumet ; en effet ce qu'on récolte en forêt n'est pas le fruit de l'année, mais les produits résultant de l'accroissement cumulé de quatre-vingts, cent ans ou même plus. Mais, pour être lentes à se manifester, les augmentations d'accroissement résultant d'améliorations de culture n'en sont pas moins importantes : elles peuvent doubler ou tripler même le revenu de la forêt.

Si l'on veut activer l'accroissement de la forêt et augmenter son rendement, il faut dégager les couronnes des arbres en sorte que l'appareil foliacé atteigne un développement maximum, que l'évaporation soit intensifiée et l'assimilation activée. On cherchera en outre à aérer le sol dans la mesure du possible pour que, sous l'influence de la lumière et de la chaleur, l'humidité se fasse activement, que les substances assimilables par la plante se produisent en grande quantité et que, par voie de conséquence, les racines nourricières se développent. Judicieusement exécutées, ces deux opérations auront pour conséquence une multiplication et un développement rapide des cellules du tronc, en sorte que l'appareil conducteur puisse suffire au transport de cet afflux de matière : la production ligneuse augmentera en proportion. . . . .

Séance du 4 juillet.

Maurice Sandoz. Application de la théorie des mouvements inconscients aux expériences des sourciers. — Dr George Montandon. Les vibrations inconscientes et leur rôle dans le traitement d'affections neurasthéniques. — J. Amann. Expériences sur les mouvements de la baguette du sourcier. — M. Machon, M. Lugeon, F. Jaccard, J. Bonjour, P.-L. Mercanton. Remarques diverses. — H. Christ. Quelques aroles remarquables des environs de Zermatt. — P. Cruchet. Cycle complet de développement du champignon vivant sur les feuilles de Scilla bifolia Lin.

Maurice Sandoz. — *Application de la théorie des mouvements inconscients aux expériences des sourciers.*

M. Maurice Sandoz désire souligner la parenté qui existe entre les expériences des sourciers et certaines réactions physiologiques afin de démontrer que l'on peut hasarder d'autres hypothèses que la radioactivité des sources pour expliquer ces faits. . . . .

Tandis que M. l'abbé Mermet s'assimile à un électroscope se déchargeant en champ ionisé, M. Maurice Sandoz préfère dire que les *mus-*

cles contractés se *déplaçant* au-dessus d'une *source* sont sièges de phénomènes *physiologiques*, de même qu'un *solénoïde* qu'on *déplace* dans un *champ magnétique* est siège de phénomènes *électriques*.

Dr George MONTANDON. — *Les vibrations inconscientes et leur rôle dans le traitement d'affections neurasthéniques.*

Comme suite à l'instructive promenade qu'a faite la Société vaudoise des sciences naturelles dans les bois de Montherond avec M, l'abbé Mermet en sa qualité de sourcier, c'est avec le plus grand intérêt que la Société a pris connaissance de la communication du Dr Maurice Sandoz et qu'elle l'a vu procéder à des expériences de divination par la sensation de mouvements fibrillaires de la région du métacarpe. Ces expériences et l'explication que M. Sandoz en donne concordent parfaitement avec un traitement médical de la neurasthénie basé, en ce qui concerne l'examen du malade, sur le même principe. C'est le traitement du Dr Vittoz de Lausanne, traitement qu'il applique depuis plus de vingt ans de pratique. M. Montandon peut en parler aussi en connaissance de cause puisqu'il le pratique aussi actuellement sous sa direction. . . . .

En résumé, M. Montandon dira que les vibrations inconscientes, qu'on peut appeler vibrations cérébrales, puisque dictées par le cerveau inconscient, sont du même ordre que les vibrations que manifeste la main du sourcier qui réagit à la présence de l'eau et aux vibrations métacarpiennes qui ont été constatées par le docteur Sandoz dans ses expériences de divination.

M. J. AMANN présente les résultats de quelques expériences qu'il a faites pour étudier la *Corrélation des mouvements de la baguette du sourcier*, tenue dans la position classique avec les mouvements des muscles intéressés du torse, du bras et du poignet. . . . .

Dr F. MACHON. La « baguette divinatoire », comme les tables tournantes, le « pendule explorateur » et le « cumberlandisme » ou art de lire les pensées, appartiennent très probablement à un seul et même ordre de phénomènes.

L'explication qu'en donne le Dr Grasset de Montpellier, dans son ouvrage sur le *Psychisme inférieur* et l'*Occultisme*, qui est au fond une mise au point des idées de Chevreul et de Pierre Janet, a le don de nous satisfaire, mais cela ne veut pas dire que l'on puisse l'admettre comme absolument prouvée scientifiquement parlant. Il y a encore bien des inconnues qui nous échappent. . . . .

Par expérience acquise, M. M. LUGEON croit pouvoir classer les sourciers en trois catégories. Il y en a qui, ne sachant que faire pivoter une baguette, sont de vrais charlatans. D'autres sont des géologues

empiriques qui observent le terrain, tirent des conclusions et, pour en imposer, manient soit une baguette soit un pendule métallique. Enfin, il existerait, en nombre limité, de vrais sourciers soit des personnes ayant une sensation particulière, rendue visible par des contractions musculaires réflexes siégeant dans la main. . . . .

En terminant, M. M. Lugeon demande que des expériences sévèrement contrôlées soient faites sous les auspices de la Société et devant une commission très restreinte afin de ne pas troubler l'opérateur.

M. Frédéric Jaccard constate avec plaisir que les mouvements inconscients mis en lumière par M. Sandoz font saisir admirablement la cause des mouvements de la baguette divinatoire ou du pendule des sourciers. . . . .

M. J. Bonjour. — Les expériences en question ne sont qu'un cas particulier d'un phénomène physiologique plus général qui comprend le cumberlandisme, le spiritisme, la télépathie, l'écriture automatique, la lecture des pensées, etc. Ce sont des phénomènes d'automatisme psychologique ainsi que les a nommés Pierre Janet et non pas des phénomènes inconscients. . . . .

M. Paul-L. Mercanton est d'avis que devant la réalité de certaines trouvailles des chercheurs de sources ou de cavités, il est difficile de prouver que toute l'activité de ces personnes soit vaine et fondée sur le hasard. . . . .

H. Christ. — *Quelques aroles remarquables des environs de Zermatt.*

1. Immédiatement au-dessus de Zermatt. le long des pentes du Unter Rothorn, s'étend un bois touffu de mélèzes et d'aroles, avec un sous-bois d'*Alnus viridis,* qui porte sur les cartes le nom d'Aeussere Wälder. Ce bois couvre un ancien éboulis à blocs souvent très gros. Il est traversé par le sentier qui monte du pont de la Viége vers un petit bassin à prairie, dit Teufenmatt. A mi-route à peu près entre ce pont et Teufenmatt il a trouvé, en juin 1917, à gauche du chemin en montant, à environ 1760 m un petit groupe d'aroles jeunes encore, de dix à quinze mètres de hauteur, en bon état et fort bien fournis en branches, dont l'un peut être qualifié de *A. acuminata* ou *Nadelarve,* car il affecte tout à fait la forme d'un jeune cyprès pyramidal. Un autre pied est moins accentué, mais son port se distingue pourtant des aroles normaux. La figure de l'*A. acuminata* donnée par M. Coaz dans les *Baum und Waldbilder aus der Schweiz,* Berne, II. Ser. 1911, p. 16, pl. 13 de Samaden représente un arbre plus âgé, mais qui appartient sans aucun doute à la même forme que celui de Zermatt. . . . .

Il y a. tout près, au-dessous du petit hôtel de Staffelalp, en descen-

dant vers le Thalweg du glacier de Zmutt, un autre arole remarquable, très vieux et de dimensions fort considérables, qui est un beau spécimen de l'arole *en candélabre*. Il a les dimensions et la forme de l'arole figuré par L. Klein dans son livre : *Aesthetik der Baumgestalt*, Karlsruhe, 1914, fig. 13. . . . .

M. Christ a constaté avec plaisir, en juin 1917, le bon état du bois qui couvre la pente méridionale de la vallée de Zermatt. Il y a rajeunissement du mélèze et de l'arole en masse, le tout protégé par des rideaux d'*Alnus viridis* et d'autres buissons. Il lui semble que, depuis 1884, il y a amélioration marquée.

M. Paul Cruchet fait savoir qu'à la suite d'essais heureux d'infection, il a pu établir le *cycle complet de développement du champignon vivant sur les feuilles de Scilla bifolia Lin* et connu jusqu'à ce jour sous le nom d'*Accidium Scillae Fucke.*

M. Cruchet se voit contraint de renvoyer à plus tard la communication détaillée de ses recherches, ainsi que la description et le nom de la nouvelle espèce.

Séance du mercredi 24 octobre.

L'abbé Mermet. La question de la découverte des eaux et autres objets souterrains. — P.-L. Mercanton. Le bruit de la canonnade du 21 janvier 1917. — Dr Jacot Guillarmod. Oeuf de poule. Spectre du Brocken.

M. l'abbé Mermet est heureux de voir que la Société est disposée à s'occuper sérieusement de la question de la *Découverte des Eaux et autres objets souterrains* au moyen de la baguette et du pendule et vient réfuter aujourd'hui les objections faites contre sa théorie. . . . .

P.-L. Mercanton. — *Le bruit de la canonnade du 21 janvier 1917.*

Depuis que la guerre a multiplié les occasions d'étudier la propagation aux grandes distances du bruit des détonations nous sommes en présence d'un matériel d'observation déjà abondant. Dans tous les pays belligérants, on s'est préoccupé de noter à quelle distance maximum le canon est entendu, et comment se fait la répartition des aires de silence et d'audibilité. M. de Quervain a consigné à diverses reprises dans les *Annales de l'Institut météorologique central suisse* les résultats d'enquêtes faites dans notre pays sur cet objet. Comme il arrive presque toujours, à mesure que les observations s'accumulaient, le problème théorique qu'elles posaient est devenu plus complexe. Il semble bien qu'il faille abandonner définitivement l'idée d'une

réflexion des ondes sonores à la surface séparant la stratosphère de la sphère d'hydrogène, vers 12 kilomètres d'altitude, et chercher l'explication dans les discontinuités de mouvement et de température de la troposphère seulement. Leur existence seule paraît pouvoir donner la clef des bizarreries qui s'observent de plus en plus fréquemment à mesure que les enquêtes s'étendent, sinuosités des régions de silence, taches d'audibilité, points silencieux, etc.

Dans une série de mémoires, le géophysicien Fujiwhara vient d'établir la possible multiplicité de ces régions d'audibilité, tandis que ses observations des explosions du volcan Asama confirmaient ses vues de tout le poids de la réalité.

Il y a donc un grand intérêt à recueillir les documents les plus complets possible sur les cas assez nets pour faire espérer une enquête fructueuse. C'est pourquoi le Service météorologique vaudois a tenu à s'occuper du bruit de la canonnade du 21 janvier 1917 qui a été, en Suisse orientale, d'une intensité extraordinaire. Le public a répondu avec un empressement très réconfortant à la demande de renseignements que les journaux ont bien voulu faire paraître, et cette collaboration des uns et des autres nous a permis de dresser du bruit du canon du 21 janvier le tableau géographique le plus complet qu'on ait pu établir encore pour la Suisse, M. Horwitz s'est obligeamment chargé du gros travail de dépouillement des quelques 250 indications qui nous sont parvenues.

Le cas du 21 janvier 1917 est remarquablement semblable à celui du 25 avril 1915, étudié à fond par M. de Quervain, en ce qui concerne la répartition des observations. Dans l'un comme dans l'autre cas, il s'agissait de la canonnade d'Alsace. Le 21 janvier, le centre de tir était, *sans aucun doute possible*, au nord-ouest d'Altkirch. Le bruit des décharges a été perçu de Besançon à Gossau en passant par l'extrême limite sud occidentale du canton de Vaud, la vallée d'Abondance, Champéry, le Valais central et les Alpes glaronnaises. Le report sur la carte des directions de provenance indiquées par les observateurs montre que ces directions convergent presque uniquement vers la Haute-Alsace. Il est très remarquable que le bruit ait été perçu nettement dans toutes les localités du bord du Léman et du versant vaudois de la plaine du Rhône, Lavey, Bex, Aigle, etc. En revanche il est parvenu des déclarations négatives de certains points du Jura, Baulmes, Vuiteboeuf, Orbe, etc. Le pays de Fribourg ne semble pas non plus avoir été affecté par le bruit. Tandis que Sion, Sierre et Bérisal notaient le phénomène, il restait absolument inaperçu de quelque vingt clubistes réunis ce jour-là au Six-Blanc (2450 m), sur Orsières. Enfin, le canton de Genève n'a fourni aucun document. La canonnade a été entendue dans nos régions de midi à 18 heures;

la voix de certaines pièces était reconnaissable pour des oreilles exercées.

Les conjonctures météorologiques ne sont malheureusement pas très connues pour les couches élevées de l'atmosphère, et ce que nous en savons ne saurait, pour l'instant, suffire à assurer une explication de la répartition observée des régions d'audibilité.

Sans doute l'amas de données fournies par le canton de Vaud s'explique dans une large mesure par l'empressement de nos compatriotes à nous renseigner, mais le silence de régions peuplées comme Genève ne peut être attribué à la seule indifférence, et si d'autre part le pays de Bâle, constamment tenu en alerte par les canonnades alsaciennes, a pu se désintéresser de celle du 21 janvier, ce désintéressement ne serait guère admissible pour les régions centrales de la Suisse.

Les matériaux recueillis sur le cas du 21 janvier 1917 trouveront un jour leur utilité définitive qu'ils ne peuvent avoir dès aujourd'hui, l'étude de toute la question n'étant pas encore suffisamment avancée.

Le Dr J. Jacot Guillarmod présente *un œuf de poule* (Leghorn dorée), pondu le 14 juin 1917, du poids primitif de 130 grammes. En présence d'une grosseur aussi inusitée, l'œuf fut ouvert avec précaution. Il ne s'écoula d'abord qu'une albumine assez liquide, sans vitellus. On constata alors la présence d'un second œuf, de grosseur un peu en-dessous de la moyenne de ceux que pondent en général les Leghorn. Ce second œuf ne présente rien de spécial ; il est complet, la coquille est plus forte que celle de l'extérieur. Cette dernière, quoique mince, était assez résistante, au début ; elle est devenue assez fragile par la dessiccation. Le poids des coquilles, à l'état frais, était de 21 grammes ; 13 gr. pour l'extérieure et 8 gr. pour l'interne ; actuellement, ensemble, elles pèsent environ 12 gr. Le liquide total pesait donc 119 gr. ; cuit au plat et au beurre noir, l'albumine s'évapora et le contenu de l'œuf se réduisit à 100 gr., ce qui est encore bien raisonnable, pour un œuf de poule, qui est en moyenne de 65 à 70 gr., pour les Leghorn.

Le Dr Jacot Guillarmod signale en outre un phénomène assez curieux de *Spectre du Brocken*, formé par l'ombre des poteaux — consoles du tram du Jorat provenant du fanal avant de la voiture, sur une couche de brouillard dont le tram effleurait la partie inférieure. Cela se passait le mardi 9 octobre 1917, à 7 heures du soir.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

DE JANVIER 1918

Le 1, brouillard enveloppant le matin, givre toute la journée.
2, brumeux toute la journée.
3, forte bise le soir.
7, pluie de 8 h. 45 à 16 h., de 18 à 22 h. et dans la nuit.
8, neige pulvérulente à 11 h. 15 h., 18 h. et dans la nuit.
9, neige dans la nuit, haut. 15 cm.
10, neige de 7 h. à 13 h., haut. 7 cm.
12, pluie à 22 h. et dans la nuit.
13, pluie de 7 h. à 18 h.
15, petite pluie de 8 h. 30 à 18 h., verglas extrêmement glissant de 9 h. à 15 h.
16, vent fort toute la journée, pluie de 7 h. à 14 h.
18, vent fort le matin, pluie à 16 h. et à 21 h.
20, légère gelée blanche le matin, vent fort le soir.
21, halo lunaire à 21 $^{1}/_{2}$ h.
22, pluie dans la nuit.
23, pluie de 9 h. à 13 h.
24, brouillard enveloppant le matin, gelée blanche le soir.
25, brouillard toute la journée.
les 26, 27, 28 et 29, brouillard et givre toute la journée.
30 et 31, brouillard matin et soir, givre toute la journée, brouillard élevé au milieu du jour.

Hauteur totale de la neige 22 cm tombés en 2 jours.
Neige sur le sol du 1er au 7 et du 9 au 13.

GENÈVE — JANVIER 1918

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 ½	13 ½	21 ½	Dominant	V. moy. km/h.	Nébulosité 7 ½	13 ½	21 ½	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nomb. d'heur.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h.	mm	
1	23.3	24.3	27.7	25.13	− 2.69	23.1	29.5	N 1	NNE 1	NE 1	NE 1	1.8	10	10	10	10	0.0	....	....
2	30.7	30.2	30.4	30.41	+ 2.57	29.5	31.6	NE 0	E 1	NE 0	calme	1.1	10	10	10	10	0.0	....	....
3	28.4	28.1	30.6	29.29	+ 1.43	27.6	31.4	NE 1	NE 1	NNE 3	NNE 1	**8.8**	10	9	1	6	1.6	....	....
4	33.9	35.4	35.8	34.39	+ 6.52	31.4	36.7	NNE 1	NNE 1	E 1	NNE 1	4.4	0	0	0	0	7.3	....	....
5	36.4	35.9	34.2	35.63	+ 7.74	33.6	36.9	SE 0	SSW 0	SE 0	calme	0.9	1	0	0	0	4.6	....	....
6	30.6	27.5	23.2	28.24	+ 0.34	22.6	33.6	SSE 0	SSW 1	SW 1	calme	1.1	0	0	1	1	6.1	....	....
7	18.2	15.8	12.9	16.61	−11.30	11.5	22.6	SSW 1	W 1	W 1	W 1	2.2	10	10	10	10	0.0	**14.5**	**15**
8	9.7	15.1	20.7	**14.55**	**−13.36**	**7.6**	21.5	SSW 1	SSW 1	W 1	SSW 1	6.3	10	3	10	7	1.4	0.2	2
9	28.2	31.7	35.4	30.01	+ 2.09	21.5	35.7	NNW 1	W 1	W 1	W 1	3.0	3	9	8	7	0.6	6.0	7
10	34.5	35.9	36.5	35.73	+ 7.81	34.4	36.8	W 0	SE 1	NW 1	calme	1.5	10	9	10	9	0.9	2.1	6
11	33.7	32.4	30.3	32.75	+ 4.83	29.8	35.6	E 0	W 1	SW 0	calme	0.9	9	9	0	4	4.4	....	....
12	26.8	24.1	22.4	25.23	− 2.69	21.9	29.8	SSW 1	SSW 1	SW 1	SSW 1	4.2	0	0	10	5	0.4	4.5	9
13	20.4	19.7	25.5	21.64	− 6.28	19.6	26.9	SSW 1	SW 1	NE 1	SSW 1	4.0	10	10	0	7	0.0	2.1	11
14	28.9	29.6	30.9	29.46	+ 1.55	26.9	31.2	NW 1	NNW 1	NW 1	NW 1	2.0	0	0	0	0	**7.5**	....	....
15	28.6	29.8	30.1	29.86	+ 1.96	28.0	31.0	NNE 1	NNW 1	NNE 1	NNE 1	2.5	3	10	10	9	0.0	11.1	14
16	28.1	28.1	31.9	29.46	+ 1.57	27.6	32.4	SW 1	SW 1	SW 1	SW 1	8.4	9	10	10	8	0.0	5.5	7
17	32.1	31.4	30.0	31.55	+ 3.67	29.6	32.6	NE 1	NNE 1	NW 1	NW 1	2.1	0	1	0	2	6.0	....	....
18	27.8	27.7	27.7	28.04	+ 0.17	27.4	29.6	SW 1	SSW 1	SW 1	SSW 1	6.0	9	9	10	9	1.3	0.1	1
19	26.7	25.9	25.7	26.29	− 1.56	25.0	27.4	S 0	SW 1	SSW 1	SW 1	1.9	0	5	9	5	4.7	....	....
20	24.4	22.6	23.4	23.83	− 4.00	22.2	26.1	SE 1	NNE 1	NNW 1	var.	1.9	2	7	9	7	6.1	....	....
21	21.8	21.5	21.5	21.85	− 5.96	21.1	23.1	NNE 1	NW 0	SSW 1	var.	1.8	9	8	0	6	3.4	....	....
22	21.7	21.5	22.7	21.84	− 5.95	20.9	25.2	SSW 1	SW 1	SW 0	SW 1	1.9	9	9	9	9	0.0	0.6	2
23	28.3	32.3	36.5	31.10	+ 3.33	25.2	37.7	SE 0	SSW 1	SW 0	calme	1.4	9	9	2	9	0.0	4.6	4
24	39.0	39.2	40.6	39.31	+11.57	37.7	41.1	SSW 0	NNW 1	NW 0	calme	1.3	10	1	0	3	5.4	....	....
25	42.3	41.7	41.8	**41.81**	**+14.10**	41.1	**42.8**	NNW 0	NNW 1	N 1	calme	1.3	10	10	10	10	0.0	....	....
26	41.2	40.6	40.6	40.96	+13.28	40.0	42.0	N 1	NNW 0	NNW 0	calme	1.1	10	10	10	10	0.0	....	....
27	40.3	40.0	39.6	39.95	+12.30	38.9	40.7	N 1	SSW 1	SW 1	SW 1	1.8	10	10	10	10	0.0	....	....
28	39.5	39.1	38.8	39.16	+11.55	38.3	39.9	SSE 1	SSE 1	SE 0	var.	1.7	10	10	10	10	0.0	....	....
29	38.7	38.4	38.2	38.59	+11.02	37.9	39.4	S 1	S 0	E 0	calme	1.5	10	10	10	10	0.0	....	....
30	37.9	37.2	37.6	37.69	+10.16	36.7	38.5	SE 1	SE 0	E 0	calme	0.8	10	10	10	10	0.0	....	....
31	37.6	37.6	38.7	37.93	+10.44	37.3	39.4	SE 0	NE 0	NNE 1	calme	0.9	10	10	10			...	....
Mois	30.31	30.33	31.03	30.59	+ 3.22							2.60	6.9	7.0	6.4	6.9	61.7	51.3	78

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en 0/0							Tempér. du Rhône		Limnimètre
	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Midi	Ecart av. la norm.	
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm
1	− 4.0	−2.6	− 2.6	−3.44	−3.23	− 6.0	−2.3	98	85	85	92	+ 6	80	98	—	—	1255
2	− 3.6	−2.6	− 3.4	−3.15	−2.91	− 4.3	−2.6	91	92	93	92	+ 6	88	95	4.3	−1.1	1300
3	− 3.3	0.0	− 2.7	−2.30	−2.04	− 4.0	0.4	96	82	85	90	+ 4	76	97	4.3	−1.1	1270
4	− 7.6	−4.4	−10.0	−6.75	−6.47	−11.0	−3.0	64	61	87	69	−17	54	91	3.6	−1.8	1270
5	−13.2	−2.2	−10.5	**−9.11**	**−8.82**	**−14.0**	−2.2	92	73	93	87	+ 1	68	96	3.5	−1.8	1220
6	−12.4	2.7	4.5	−3.61	−3.30	−13.3	6.5	89	55	58	73	−13	50	96	—	—	1215
7	5.2	5.5	6.7	5.47	+5.79	3.8	7.8	75	84	80	76	−10	54	89	4.2	−1.0	1175
8	3.8	2.0	− 2.7	2.04	+2.36	− 3.5	8.0	87	51	87	76	−10	48	89	4.2	−1.0	1185
9	− 6.0	−4.8	− 6.6	−5.51	−5.19	− 7.2	−3.0	63	67	79	71	−15	52	92	3.7	−1.4	1160
10	− 5.2	0.0	− 0.2	−2.73	−2.41	− 7.6	2.8	95	93	70	87	+ 1	68	96	3.5	−1.6	1170
11	− 0.4	3.4	− 5.5	−0.61	−0.29	− 7.5	5.7	89	54	87	81	− 5	51	94	3.7	−1.4	1160
12	−12.0	−2.2	4.8	−4.50	−4.19	−12.8	6.0	97	75	47	82	− 4	47	98	3.5	−1.6	1180
13	3.8	5.6	3.4	3.94	+4.24	1.2	5.8	91	81	76	86	0	72	92	—	—	1215
14	− 1.5	1.2	− 2.7	−0.58	−0.29	− 4.5	2.4	50	62	94	75	−11	47	95	3.6	−1.4	1175
15	− 1.4	5.8	5.7	1.81	+2.08	− 5.0	6.5	80	78	82	85	− 1	58	97	3.6	−1.4	1155
16	8.0	9.2	8.8	**8.62**	**+8.87**	5.0	11.6	72	73	76	78	− 8	63	92	3.8	−1.2	1145
17	5.4	11.4	6.0	8.24	+8.47	2.0	13.7	91	61	75	72	−14	55	93	4.0	−0.9	1215
18	6.4	10.3	8.8	8.18	+8.38	4.0	11.0	74	64	73	71	−15	59	76	4.2	−0.7	1250
19	5.2	13.4	5.2	8.57	+8.75	4.3	**14.2**	81	53	77	70	−16	50	87	4.0	−0.9	1255
20	2.4	7.9	9.7	7.59	+7.73	2.0	**14.2**	87	61	56	**64**	**−22**	**34**	89	—	—	1285
21	5.3	10.6	3.9	7.68	+7.79	3.0	11.1	78	57	83	71	−15	55	93	4.3	−0.6	1320
22	3.4	6.4	5.0	4.59	+4.66	2.0	6.8	85	71	78	81	− 5	68	94	4.2	−0.6	1255
23	7.0	9.0	7.2	7.52	+7.55	4.3	10.0	90	86	88	85	− 1	72	93	4.2	−0.6	1290
24	2.6	8.0	2.7	4.83	+4.82	1.8	9.0	96	75	93	90	+ 5	67	99	4.5	−0.3	1305
25	0.0	1.2	0.2	0.38	+0.32	− 0.5	2.8	100	100	100	99	+14	97	100	4.2	−0.6	1285
26	− 2.0	−0.8	− 1.1	−1.10	−1.20	− 3.0	0.2	100	100	100	100	**+15**	99	100	4.1	−0.7	1265
27	− 2.6	−1.4	− 1.0	−1.69	−1.84	− 3.5	−0.8	98	99	99	99	+14	98	100	—	—	1255
28	− 3.0	−1.4	− 1.7	−1.83	−2.04	− 3.5	−1.0	99	99	98	99	+14	98	100	4.0	−0.8	1265
29	− 2.8	−2.2	− 1.2	−1.94	−2.20	− 3.5	−0.9	100	99	99	99	+14	98	100	4.0	−0.8	1255
30	− 2.0	−0.9	− 0.6	−1.29	−1.61	− 3.0	−0.4	98	99	96	97	+12	94	100	4.0	−0.8	1250
31	− 1.1	−0.6	− 0.5	−0.79	−1.17	− 2.0	−0.2	94	92	96	94	+ 9	90	97	4.0	−0.8	1250
Mois	−0.83	2.82	0.95	0.92	+1.00	−2.78	4.52	87	77	84	84	− 2			3.97	−1.14	1234

MOYENNES DE GENÈVE — JANVIER 1918

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700 +

Heure	1 ½	4 ½	7 ½	10 ½	13 ½	16 ½	19 ½	22 ½	Moyenne
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	27.55	27.19	27.39	28.31	27.99	28 13	28.65	28.79	28.00
2e »	28.88	28.18	27.74	28.18	27.12	27.09	27.49	27.80	27.81
3e »	35.10	35.03	35.30	35.91	35.37	35.09	35.70	36.27	35.47
Mois	30.66	30.29	30.31	30.96	30.33	30.27	30.78	31.12	30.59

Température

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	−3.88	−4.47	−4.63	−3.44	−0.64	−0.93	−2.40	−2.88	−2.91
2e »	2.76	2.11	1.59	3.54	6.60	6.91	5.56	3.94	4.13
3e »	1.53	1.10	0.44	0.85	2.54	2.57	1.87	1.01	1.49
Mois	0.20	−0.37	−0.83	0.33	2.82	2.84	1.68	0.70	0.92

Fraction de saturation en %

1re déc.	85	85	85	80	74	77	83	82	81
2e »	82	84	81	77	66	67	75	78	76
3e »	92	93	94	94	89	89	92	94	92
Mois	87	88	87	84	77	78	84	85	84

Dans ce mois l'air a été calme 253 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{44}{51} = 0.86$

Moyennes des 3 observations (7 ½, 13 ½, 21 ½)

		mm
Pression atmosphérique		30.56
Nébulosité		6.8
Temp.	$\frac{7\frac{1}{2} + 13\frac{1}{2} + 21\frac{1}{2}}{3}$	0°.98
	$\frac{7\frac{1}{2} + 13\frac{1}{2} + 2 \times 21\frac{1}{2}}{4}$	0°.97
Fraction de saturation		83 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphérique	(1836-1875)	727.37
Nébulosité	(1847-1875)	7.9
Hauteur de pluie	(1826-1875)	48.8
Nombre de jours de pluie	»	10
Temp. moyenne	»	−0°.08
Fract. de saturation	(1849-1875)	86 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	Céligny	Collex	Chambésy	Châtelaine	Satigny	Athenaz	Compesières
Hauteur d'eau en mm	91.3	80.3	68.9	69.4	74.1	72.6	47.4

Station	Veyrier	Observatoire	Cologny	Puplinge	Jussy	Hermance
Hauteur d'eau en mm	45.6	51.3	43.0	?	39.6	61.7

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE JANVIER 1918

Les 8, 9, 10, 13, 18, 19 et 23, brouillard une partie de la journée.
les 20, 21 et 22, brouillard toute la journée.
les 8, 9, et 10, très forte bise.
les 21, et 22, vent très fort.

GRAND SAINT-BERNARD — JANVIER 1918

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 ½	13 ½	21 ½	Dominant	Nébulosité 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm								
1	59.1	59.8	60.9	59.9	− 1.5	58.9	61.6	NE 1	SW 1	SW 1	SW 1	10	10	10	10
2	62.1	62.6	62.1	62.3	+ 1.0	61.6	63.0	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	2	0	0	1
3	59.6	58.6	59.8	59.3	− 2.0	58.3	61.7	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	0	10	0	3
4	62.3	62.8	64.3	63.1	+ 1.8	60.8	64.7	NE 0	NE 1	NE 2	NE 1	0	0	0	0
5	66.6	67.0	66.9	66.8	+ 5.6	64.7	67.2	NE 0	NE 0	NE 0	calme	0	0	0	0
6	65.0	63.0	61.2	63.1	+ 1.9	60.1	66.6	NE 1	SW 1	NE 1	NE 1	1	1	0	1
7	57.5	55.3	52.5	55.1	− 6.1	51.0	60.1	NE 1	SW 1	SW 1	SW 1	10	10	10	10
8	47.8	47.4	48.6	**47.9**	**−13.3**	**46.8**	51.0	SW 2	SW 0	NE 3	var.	10	9	10	10
9	52.5	55.0	60.1	55.9	− 5.3	49.8	60.4	NE 5	NE 5	NE 2	NE 4	10	9	10	10
10	61.2	64.6	65.6	63.8	+ 2.7	60.4	65.6	NE 3	NE 1	NE 1	NE 2	10	10	10	10
11	63.8	63.7	63.4	63.6	− 2.5	63.0	65.2	NE 0	NE 1	NE 0	NE 1	0	1	0	0
12	61.3	60.3	59.2	60.3	− 0.8	59.0	63.0	NE 0	SW 0	SW 1	SW 1	0	1	0	0
13	57.4	55.8	58.0	57.1	− 4.0	55.5	59.2	SW 1	SW 0	NE 2	var.	10	10	10	10
14	61.1	62.9	64.7	62.9	+ 1.9	58.9	65.0	NE 2	NE 1	NE 1	NE 1	0	2	0	1
15	65.4	66.1	67.6	66.4	+ 5.4	64.8	67.9	SW 1	NE 1	NE 0	var.	2	10	10	7
16	66.5	65.5	67.4	66.5	+ 5.5	65.1	67.7	SW 2	SW 1	NE 1	SW 1	10	10	10	10
17	67.0	68.7	69.2	68.3	+ 7.4	67.0	69.6	NE 0	SW 1	SW 0	SW 1	0	4	10	5
18	68.0	66.3	66.1	66.8	+ 5.9	65.9	69.5	SW 0	SW 1	SW 1	SW 1	10	10	10	10
19	65.4	65.7	65.9	65.6	+ 4.7	65.3	66.1	SW 1	NE 1	SW 2	SW 1	0	3	10	4
20	65.4	65.1	65.3	65.3	+ 4.4	64.8	66.3	SW 2	SW 1	NE 2	SW 1	10	10	10	10
21	62.1	62.1	62.7	62.3	+ 1.5	61.7	64.8	SW 3	SW 3	SW 4	SW 3	10	10	10	10
22	63.0	62.8	63.9	63.2	+ 2.4	62.4	64.5	SW 3	SW 4	SW 3	SW 3	10	10	10	10
23	66.2	68.2	70.9	68.4	+ 7.6	64.5	72.3	SW 0	SW 1	SW 0	SW 1	10	10	1	7
24	72.8	73.3	75.5	73.9	+13.2	72.3	75.8	NE 0	NE 1	NE 1	NE 1	0	0	0	0
25	76.0	75.8	76.1	**76.0**	**+15.3**	75.8	**76.3**	NE 0	NE 0	NE 0	calme	0	0	0	0
26	75.2	74.9	74.7	74.9	+14.3	74.5	75.9	NE 0	SW 1	NE 1	var.	0	0	0	0
27	73.8	73.7	73.8	73.8	+13.2	73.3	74.5	NE 0	NE 1	SW 2	var.	0	0	0	0
28	72.9	72.7	72.9	72.8	+12.2	72.2	73.4	NE 0	SW 0	NE 1	NE 1	0	0	0	0
29	72.1	72.1	71.8	72.0	+11.5	71.6	72.3	NE 0	SW 1	NE 0	SW 1	3	4	0	2
30	70.8	70.3	71.0	70.7	+10.2	70.0	71.6	SW 0	SW 0	SW 0	calme	5	3	9	6
31	70.8	71.3	72.0	71.4	+10.9	70.6	72.1	NE 0	SW 0	SW 0	calme	4	0	0	1
Mois	64.86	64.95	65.62	65.14	+4.65							4.4	5.1	4.8	4.8

Jour du mois	Température 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Fraction de saturation en % 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.	Min.	Max.	Pluie et Neige: Ancien Pluie	Ancien pluv. Neige	Nouv. pluv. Pluie	Nouv. pluv. Neige
	°	°	°	°	°	°	°							mm	cm	mm	cm
1	-11.8	- 9.6	- 9.2	-10.2	- 1.6	-14.0	- 8 7	95	95	95	95	94	96	1.4	3	2.4	4
2	-10.7	- 9.4	-10.9	-10.3	- 1.7	-11.5	- 8.5	95	96	90	94	78	97	....	...	....	....
3	-11.6	-14.2	-13.9	-13.2	- 4.5	-14.6	-10.2	76	95	48	73	30	97	....	....	....	....
4	-14.0	-14.0	-11.0	-13.0	- 4.3	-14.8	- 9.8	35	45	65	48	31	72	....	....	....	.. .
5	- 7.8	- 5.2	- 5.6	- 6.2	+ 2.5	-11 0	- 4.4	35	36	35	**35**	28	41	....	.. .	....	....
6	- 5.4	- 3.4	- 4.6	- 4.5	+ 4.3	- 6.3	- 3.0	36	35	35	**35**	30	48	1.2	1	1.7	2
7	- 8.2	- 9.0	- 7.2	- 8.1	+ 0.7	-11.1	- 6.0	96	95	100	97	48	100	6.0	10	15.1	28
8	- 7.0	-11.4	-18.2	-12.2	- 3.4	-20.0	- 6 6	98	90	89	92	86	99	9.6	15	11.2	17
9	-16.2	-11.8	-14.4	**-14.1**	- **5 3**	**-23.0**	-11.0	90	90	93	91	82	96	9.5	16	18.3	20
10	-14.5	-11.0	-11.8	-12.4	- 3.5	-15.3	-10.4	82	80	75	79	66	90	7.0	18	14.4	31
11	-10.9	- 8.8	- 7 6	- 9.1	- 0.2	-13.0	- 6.8	38	32	56	42	29	83	....	....	....	....
12	- 6.4	- 3.2	- 7.5	- 5.7	+ 3.2	-10.0	- 2.5	90	92	96	93	83	98	2.5	8	3.2	11
13	-11.2	- 6.7	- 7.6	- 8.5	+ 0.4	-14.0	- 5.4	56	53	44	51	39	96	11 3	12	15.8	16
14	- 5.6	- 3.7	- 6.2	- 5.2	+ 3.7	- 9.0	- 3.5	47	95	96	79	44	98	....	....	....	....
15	- 9.9	- 9.0	-10.2	- 9.7	- 0.7	-11.0	- 8 3	67	77	98	81	60	98	17.8	27	20.7	31
16	- 9.2	- 7.9	- 7.7	- 8.3	+ 0.7	-11.0	- 7.2	95	95	95	95	94	97	**22 0**	**30**	**29.0**	**38**
17	- 7.0	- 4.9	- 7.2	- 6.4	+ 2.6	- 8.6	- 4.0	95	95	97	96	94	99	....	....	....	....
18	- 9.0	- 9.0	-13.7	-10.5	- 1.5	-14.8	- 8.0	99	77	80	85	68	99	2.7	5	3.1	7
19	- 9.4	- 4.4	- 5.0	- 6.3	+ 2.7	-14.8	- 4.0	70	51	45	55	40	77	....	....	.. .	.. .
20	- 6.9	- 6.6	- 6.7	- 6.7	+ 2.3	- 7.6	- 5.7	96	92	97	95	57	98	4.8	5	4.9	6
21	- 7.2	- 7.0	- 8.0	- 7.4	+ 1.6	- 8.2	- 6.6	97	96	98	97	95	99	8.2	13	15.0	18
22	- 7.7	- 6.2	- 5.6	- 6.5	+ 2.6	- 9.0	- 5.3	97	99	99	98	96	100	14.8	14	19.2	17
23	- 5.9	- 4.5	- 5.2	- 5.2	+ 3.9	- 7.2	- 4.2	99	99	99	**99**	99	100	....	....	....	....
24	- 5.6	- 3.6	- 3.0	- 4.1	+ 5.0	- 6.5	- 2.2	82	66	46	65	41	95	. ..	....	....	....
25	- 4.5	- 1.0	- 3.4	- 3.0	+ 6 1	- 4 8	0.4	65	69	70	68	52	76	....	....	....	....
26	- 4.0	- 0.5	- 3.6	**- 2.7**	**+ 6.4**	- 4.2	**1.5**	65	55	60	60	50	68	....	. ..	....	....
27	- 5.6	- 1.8	- 4.2	- 3.9	+ 5.2	- 6.0	- 0.2	60	51	65	59	44	73	....	....	....	....
28	- 4.6	- 3 4	- 5.9	- 4.6	+ 4.5	- 8.4	- 2.6	62	60	57	60	50	75	....	....	....	....
29	- 6.5	- 1.5	- 4.9	- 4.3	+ 4.8	- 6.8	0.2	45	28	47	40	**22**	53	....	....	. ..	....
30	- 4.7	- 2.6	- 5.4	- 4.2	+ 4.9	- 6.0	- 1.8	37	57	64	53	34	68	. ..	....	....	....
31	- 5.4	- 3.6	- 7.0	- 5.3	+ 3.8	- 7.4	- 1.0	54	54	70	59	46	82	....	....	....	....
Mois	-8.21	-6.42	-7.82	-7.48	+1.56	-10.64	-5.03	73	73	74	73			118.8	177	174.0	246

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD — JANVIER 1918

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + / Fraction de saturation en %

Heure	7 ½ mm	13 ½ mm	21 ½ mm	Moyenne mm	7 ½	13 ½	21 ½	Moy.
1re décade	59.37	59.61	60.20	59.73	74	76	72	74
2e »	64.13	64.01	64.68	64.27	75	76	80	77
3e »	70.52	70.65	71.39	70.85	69	67	70	69
Mois	64.86	64.95	65.62	65.14	73	73	74	73

Température

Heure	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne $\frac{7½+13½+21½}{3}$	Moyenne $\frac{7½+13½+2\times21½}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	–10.72	– 9.90	–10.68	–10.43	–10.49
2e »	– 8.55	– 6.42	– 7.94	– 7.64	– 7.71
3e »	– 5.61	– 3.25	– 5.11	– 4.66	– 4.77
Mois	– 8.21	– 6.42	– 7.82	– 7.48	– 7.57

Dans ce mois l'air a été calme 344 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{NNE}{SSW} = \frac{50}{47} = 1.06$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	Grand St-Bernard Anc. P.	Grand St-Bernard Nouv. P.
Eau en mm . .	76.3	54.2	51.0	118.8	174.0
Neige en cm . .	27	45	28	177	246

SUR UNE CAUSE D'ERREUR

POUVANT INTERVENIR DANS LA

Détermination de la charge de l'électron

AU MOYEN

de très petites sphérules liquides suspendues

PAR

A. SCHIDLOF

Dans une série de mémoires antérieurs, il a été question d'une importante cause d'erreur pouvant intervenir dans la détermination de la charge de l'électron au moyen de petites particules suspendues[1]. Le point de départ de ces recherches fut la constatation suivante : On avait remarqué que la différence de potentiel nécessaire pour maintenir en suspension entre les plateaux d'un condensateur une petite particule chargée subissait de temps en temps de petits changements qu'on interprétait comme étant dus à une variation de la *charge* de la particule de beaucoup inférieure à la charge de l'électron normal[2]. Dans une note publiée en 1914, en collaboration avec M. A. Karpowicz[3], nous nous sommes opposés à ce mode d'interprétation en disant : « Il faudrait être certain que tout saut brusque de la différence

[1] Voir notamment : Targonski, A. La question des sous-électrons et le mouvement brownien dans les gaz, *Arch., mars, avril et mai 1916,* vol. 41, p. 181, 269 et 357.

[2] Ehrenhaft, F. *C. R.* 1914, vol. 158, p. 1071. *Wien. Akad. Ber.* 1914, vol. 123, p. 53.

[3] Schidlof, A. et Karpowicz, A. *C. R.* 1914, vol. 158, p. 1992.

de potentiel d'équilibre est nécessairement dû à une variation de la *charge* de la sphérule ; il se pourrait fort bien que quelques-uns de ces sauts soient dus à une faible variation de sa masse. »

Depuis lors, un très grand nombre d'observations sont venues confirmer cette manière de voir. Notamment les travaux publiés par M. A. Targonski [1], montrent que la surface d'une petite particule de mercure maintenue en suspension dans un gaz, est le siège de modifications incessantes qui cependant, au bout d'un certain temps, aboutissent souvent à un état d'équilibre. M. L. W. Mc Keehan [2] a pu suivre directement l'altération progressive de la surface, en observant au moyen du microscope de très petites gouttes de mercure fraîchement préparées puis soumises à l'action de différents gaz.

Les transformations observées intéressent-elles uniquement la surface des particules ? Ont-elles lieu seulement d'une façon progressive sous l'influence du gaz ambiant, ou se produisent-elles peut-être en partie déjà, au moment où la goutte est préparée, par suite du procédé même de préparation ? Y a-t-il des liquides permettant la production des gouttes inaltérables ?

Un examen approfondi de ces questions est indispensable pour se rendre compte de la confiance que méritent les valeurs actuellement connues de la charge de l'électron. Dans les pages qui suivent nous chercherons à dégager, des données expérimentales acquises, quelques conclusions certaines, et nous attirerons l'attention sur d'autres points encore insuffisamment élucidés à notre avis.

I. Détermination de la charge d'une particule ultramicroscopique.

Rappelons d'abord brièvement le principe de la méthode utilisée pour la détermination de la charge des ions gazeux, soit celle de l'électron [3].

Une très petite goutte sphérique dont la masse soit m, le rayon

[1] Targonski, A., *l. c.* et *Arch., avril-mai 1917,* vol. 43, p. 295 et 389.

[2] Mc Keehan, L.-W. *Phys. Rev.,* août 1916, vol. 8, p. 142.

[3] Pour de plus amples détails voir Schidlof, A. et Murzynowska, J. *Arch., nov. et déc. 1915,* vol. 40, p. 386 et 486 et Targonski, A., *l. c.*

a, la densité σ, tombe sous l'influence de la pesanteur (accélération g) entre les deux plateaux d'un condensateur dans un gaz de coefficient de viscosité η. La vitesse de chute est v_1. Elle est définie par la loi de Stokes-Cunningham[1], qui fait intervenir un coefficient empirique A multiplié par le chemin moyen l des molécules du gaz environnant. La loi de chute est :

$$mg = \frac{4\pi}{3}\, a^3\sigma g = \frac{6\pi a \eta v_1}{1 + \frac{Al}{a}} . \qquad (1)$$

En établissant entre les deux plateaux du condensateur un champ électrique uniforme d'intensité F, on peut faire monter avec une vitesse v_2 la particule dont la charge électrique (exprimée en unités électrostatiques *c. g. s.*) soit e. La vitesse d'ascension v_2 résulte de la formule :

$$eF - mg = \frac{6\pi a \eta v_2}{1 + \frac{Al}{a}} . \qquad (2)$$

Pour le calcul de a et de e on utilise les formules suivantes déduites de (1) et de (2) :

$$e = \frac{9\sqrt{2}\,\pi\eta^{3/2}(v_1 + v_2)\sqrt{v_1}}{F\sqrt{\sigma g}\left(1 + \frac{Al}{a}\right)^{3/2}} \qquad (3)$$

$$a = 3\sqrt{\frac{\eta v_1}{2\sigma g\left(1 + \frac{Al}{a}\right)}} . \qquad (4)$$

Dans l'application de ces formules une erreur importante peut provenir du fait que la densité σ de la goutte est supposée égale à celle du liquide qu'on a pulvérisé pour produire les gouttes. Cette erreur affecte de la même façon les valeurs de la charge e et du rayon a, car les deux quantités sont, comme l'on voit en première approximation, inversement proportionnelles à la racine carrée de la densité σ. Une petite erreur de ε % sur la valeur de σ affectera donc les valeurs de e et de a d'une erreur de $-\frac{\varepsilon}{2}$ %. Nous appellerons les valeurs affectées de cette erreur les *valeurs apparentes* de la charge et du rayon de la goutte.

[1] Cunningham, E. *Proc. Roy. Soc. Lond.*, 1910, vol. 83, p. 357.

Les expérimentateurs, qui ont utilisé la méthode ci-dessus décrite pour déterminer la charge de l'électron, ont soumis à un contrôle direct ou indirect toutes les quantités qui interviennent dans les formules (3) et (4) *à l'exception de la densité σ de la goutte.* Celle-ci a toujours été supposée égale à celle du liquide à partir duquel la goutte a été obtenue. Or, d'après les remarques faites plus haut, cette supposition semble être sujette à caution.

Cependant, en ce qui concerne des gouttes relativement grandes, une altération très appréciable de la densité moyenne du liquide semble peu probable. Pour cette raison, parmi les valeurs de la charge de l'électron que la méthode a fournie à différents observateurs, celle indiquée par M. R.-A. Millikan [1] nous semble mériter le plus de confiance. Nous avons choisi cette valeur :

$$e_0 = 4{,}774 \times 10^{-10} \text{ unités électrostat,}$$

pour contrôler les changements de densité des liquides utilisés qui interviennent dans les expériences faites avec des gouttes ultramicroscopiques diverses.

Il est évident du reste que la valeur absolue de la charge de l'électron adoptée pour le calcul de la densité du liquide ne peut influer que sur la *valeur absolue* de celle-ci, tandis que la discussion qui suit porte exclusivement sur les *valeurs relatives.* Pour étudier les modifications de la densité du liquide, une valeur fixe quelconque adoptée pour la charge de l'électron pourrait rendre le même service que celle que nous avons choisie.

L'hypothèse suivante, par contre, est essentielle pour la plupart de nos raisonnements :

Les variations de la charge d'une particule sont toujours des multiples entiers d'une charge élémentaire fixe présentant une valeur finie.

Des variations apparentes, continues ou même discontinues, mais de beaucoup inférieures à la charge élémentaire, doivent donc être interprétées comme étant dues à des *changements de masse* de la particule.

[1] Millikan, R.-A. *Phys. Rev.,* 1913, vol. 2, p. 109.

Généralement les variations de la masse se manifestent aussi par des variations de la durée de chute de la goutte, mais il pourrait y avoir des exceptions, comme nous aurons l'occasion de le montrer dans la suite.

Soit maintenant e la valeur de la « charge apparente » de la goutte, plus ou moins différente de la valeur :

$$e_0 = 4{,}774 \times 10^{-10} ,$$

σ_0 la densité du liquide à partir duquel la goutte a été obtenue, σ la densité moyenne véritable de la goutte, a son rayon apparent et a_0 son rayon véritable, on peut trouver σ au moyen des deux équations déduites de (3) et de (4).

$$\frac{a_0}{a} = \sqrt{\frac{\sigma_0\left(1 + \frac{Al}{a}\right)}{\sigma\left(1 + \frac{Al}{a_0}\right)}} \qquad (5)$$

$$\frac{\sigma}{\sigma_0} = \left(\frac{e}{e_0}\right)^2 \left(\frac{1 + \frac{Al}{a}}{1 + \frac{Al}{a_0}}\right)^3 \qquad (6)$$

Ces deux équations se résolvent aisément par des approximations successives[1].

II. La densité des gouttes de mercure dans les expériences de M. A. Targonski.

Appliquons en premier lieu les formules précédentes à l'interprétation numérique de quelques-uns des résultats obtenus par M. A. Targonski. Ces expériences mettent en évidence surtout les modifications que subit la surface des gouttes de mer-

[1] Nous procédons habituellement comme suit :

Posons : $1 + \frac{Al}{a} = \varkappa$; $1 + \frac{Al}{a_0} = \varkappa_0$, les deux équations (5) et (6) peuvent s'écrire :

$$\frac{a}{a_0} = \sqrt{\frac{\sigma}{\sigma_0}\,\frac{\varkappa_0}{\varkappa}} \; ; \quad \frac{\sigma}{\sigma_0} = \left(\frac{e}{e_0}\right)^2 \left(\frac{\varkappa}{\varkappa_0}\right)^3 .$$

D'où l'on déduit :

$$\frac{a_0}{a} = \frac{e_0}{e}\,\frac{\varkappa_0}{\varkappa} .$$

cure, et puisque des modifications superficielles doivent être d'autant plus sensibles que les particules étudiées sont plus petites, les gouttes observées par M. Targonski méritent une attention spéciale parce qu'elles sont indiscutablement parmi les plus petites qu'on ait jamais observées.

Voici un tableau indiquant les valeurs des rayons et des densités de quelques gouttes de mercure observées par M. Targonski. Nous avons calculé pour chaque goutte le rayon et la densité au début (a_1 et σ_1) et à la fin (a_2 et σ_2) de l'expérience.

Tableau I

Calculé d'après les observations de M. A. Targonski
(*Archives* 1916, vol. 41)

N° de l'observ.	Rayon initial $10^5 a_1$ (cm)	Dens. init. σ_1	Rayon final $10^5 a_2$ (cm)	Densité finale σ_2
18	1,71	12.3	1.62	11.00
21	1.40	12,7	1.13	9,00
22	1.29	12.1	1.18	8,35
32	1.45	13.0	1.35	9.72
44	1,79	13.3	1,063	10,75
46	1,12	14,2	0,742	10.60
58	1.42	12.9	1.085	10,45
80	1,62	13,9	1,34	9,40

Densité moyenne au début de l'expérience 13.05

Densité moyenne à la fin de l'expérience 9,91

Diminution moyenne de la densité : environ 25 %

On remarque à la vue de ce tableau :

1. Que le rayon de chaque goutte diminue ; 2. Que la densité

On pose d'abord :

$$a_0^{\mathrm{I}} = a \frac{e_0}{e} .$$

Avec cette valeur approchée on calcule :

$$\varkappa_0^{\mathrm{I}} = 1 + \frac{A l}{a_0^{\mathrm{I}}} .$$

Puis on trouve une valeur plus exacte :

$$a_0^{\mathrm{II}} = a_0^{\mathrm{I}} \frac{\varkappa_0^{\mathrm{I}}}{\varkappa_0} .$$

d'où l'on tire $\varkappa_0^{\mathrm{II}}$, et ainsi de suite. a_0 obtenu avec l'approximation voulue on tire σ de l'équation :

$$\sigma = \sigma_0 \left(\frac{e}{e_0}\right)^2 \left(\frac{\varkappa}{\varkappa_0}\right)^3 .$$

diminue au cours d'une expérience dont la durée varie entre 30 et 110 minutes.

Nous avons tenté d'expliquer la diminution du rayon par la volatilisation du liquide, et celle de la densité par la production d'une couche de faible densité (couche d'adsorption) à la surface de la goutte [1].

On reconnaît du reste que l'importance de la transformation ne dépend pas du rayon de la goutte. De plus grosses gouttes montrent souvent une densité plus fortement altérée que les plus petites. Le temps écoulé depuis le commencement des observations, par contre, exerce une influence importante. Dans la plupart des expériences de M. Targonski, les gouttes continuaient à se transformer pendant plusieurs heures, dans d'autres cas, par contre, on observait l'établissement d'un état d'équilibre.

On ne note du reste pas exclusivement des valeurs trop faibles de la charge. Dans quelques déterminations relativement rares, les gouttes avaient au début des charges légèrement trop fortes. Ainsi, par exemple, dans l'observation n° 46, la valeur apparente initiale de la charge de l'électron est :

$$e = 4{,}97 \times 10^{-10}$$

D'après le mode de calcul adopté, nous trouvons dans ce cas une densité initiale 14,2 manifestement trop grande, puisque la densité normale du mercure est 13,6. La même remarque s'applique à l'observation n° 80.

Il est inadmissible que les gouttes puissent renfermer dans certains cas des inclusions dont la densité serait supérieure à celle du mercure. Il faut par conséquent attribuer l'écart à la précision limitée des mesures.

Une perturbation, pouvant expliquer l'obtention d'une valeur apparente trop grande de e, a été signalée par M. O.-W. Silvey [2]. Par le fait que les gouttes de mercure s'amassent sur le plateau inférieur du condensateur et y forment des groupes irréguliers.

[1] Schidlof, A. *Arch.*, vol. 43, p. 217-244.

[2] Silvey, O.-W. *Phys. Rev.*, 1916, vol. 7, p. 87, 106; *Phys. Zeitschr.*, 1916, vol. 17, p. 43.

le champ électrique cesse d'être uniforme. La distance entre les deux plateaux était relativement petite dans les expériences de M. Targonski (0,5 mm). La cause d'erreur en question pouvait donc influer sensiblement, dans certains cas, sur la précision du résultat.

D'une façon générale, la présence d'une grande quantité de gouttes sur le plateau inférieur du condensateur sera équivalente approximativement à une *diminution* de la distance des armatures et produira par conséquent une *augmentation* de l'intensité du champ F correspondant à une différence de potentiel donnée. La valeur de F portée dans la formule (3) sera donc *trop petite* dans ce cas, ce qui entraîne une valeur apparente *trop grande* de *e*.

Cette cause d'erreur a du reste une importance minime vis-à-vis des autres qui ont dû intervenir dans les expériences de M. Targonski, par suite de la nature même du sujet étudié. On ne peut évidemment effectuer des mesures précises avec des particules dont la masse et la densité varient continuellement dans des proportions considérables. Si de plus la particule est très petite et présente un mouvement brownien appréciable, le résultat d'une mesure isolée peut être affecté d'une erreur énorme. La discussion ne peut porter, par conséquent, que sur des moyennes et sur des différences notables.

C'est la régularité et l'importance des effets observés, qui nous autorise à leur attribuer une signification réelle et d'en chercher l'interprétation.

III. Quelques remarques sur les expériences de M. O.-W. Silvey.

Il nous semble intéressant de comparer les résultats de M. Targonski avec ceux de M. Silvey. Les chiffres indiqués par M. Silvey présentent l'avantage de se rapporter à des *gouttes invariables*.

Après avoir constaté la volatilité des gouttes de mercure, et après avoir remarqué que les gouttes cessent d'être volatiles après un séjour plus ou moins prolongé à l'intérieur du con-

densateur, M. Silvey a décidé de ne commencer les mesures que lorsque la goutte eut pris son état d'équilibre.

Si l'on calcule, d'après les observations de M. Silvey, la valeur apparente de la charge de l'électron, en utilisant pour la constante A du terme $1 + \frac{Al}{a}$ la valeur :

$$A = 0{,}873$$

on trouve les chiffres consignés dans le tableau suivant :

Tableau II

Calculé d'aprés les observations de M. O. W. Silvey
(*Phys. Zeitschr.* 1916, vol. 17)

Durée de chute (Parcours = 1 cm) t_1 (sec)	Durée d'ascension (Parcours = 0,285 cm) t_2 (sec)	Rayon $10^5 a$ cm	Charge de l'électron $10^{10} e$ Unités électrostat.
8,066	2,298	8,38	4,47
8,327	2,374	8,32	4,30
11,054	3,15	7,10	4,54
13,668	3,89	6,34	4,44
19,34	5,51	5,27	4,48
23,261	6,63	4,77	4,54
25,91	7,385	4,50	4,58
26,437	7,535	4,45	4,43
27,970	7,975	4,32	4,59
36,15	10,29	3,75	4,66
40,14	11,79	3,48	4,56
45,00	12,89	3,33	4,49
56,22	16,02	2,94	4,54
62,15	17,7	2,78	4,50

Valeur moyenne du rayon : $4{,}98 \times 10^{-5}$ cm.

Valeur moyenne de la charge élément. apparente : $4{,}512 \times 10^{-10}$ unités électrost.

Densité moyenne des gouttes : **12,4**.

On constate que les gouttes observées par M. Silvey avaient toutes une densité bien inférieure à celle du mercure pur. Ce fait ne peut nous surprendre, mais nous ne voyons pas sans étonnement que l'altération de la densité est presque rigoureu-

sement la même pour toutes les gouttes, quelle que soit leur grandeur. En tout cas, il n'y a aucune variation systématique.

Si l'on voulait expliquer le changement de densité par la production d'une couche non volatile de faible densité qui se dépose à la surface des gouttes[1], il faudrait admettre qu'à l'état d'équilibre cette couche présente sensiblement la même épaisseur δ pour toutes les gouttes. On ne voit pas pour quelle raison δ dépendrait de la grandeur des gouttes.

Désignons maintenant par σ_0 la densité du mercure, par σ' celle de la couche extérieure, par a le rayon de la sphère entière (y compris la couche surerficielle), le volume de la sphère V et sa masse m sont exprimés par :

$$V = \frac{4\pi}{3} a^3 \; ; \quad m = \frac{4\pi}{3} (a - \delta)^3 \sigma_0 + 4\pi a^2 \delta \sigma' \; .$$

En supposant δ petit vis-à-vis de a, on trouve pour la densité moyenne σ de la sphère l'expression :

$$\sigma = \frac{m}{V} = \sigma_0 - \frac{3\delta}{a} (\sigma_0 - \sigma')$$

σ_0 et σ' étant constants ainsi que δ on voit que la différence $\sigma_0 - \sigma$ devrait varier en raison inverse du rayon a; mais on ne remarque rien de pareil dans les résultats de M. Silvey.

Nous en concluons que les modifications *que subissent de très petites gouttes de mercure intéressent probablement non seulement la surface mais aussi l'intérieur des gouttes.*

Notons encore que la modification de la densité du mercure était dans les expériences de M. Silvey bien moindre que dans celles de M. Targonski.

D'après les chiffres du tableau II, on trouve en moyenne :

$$\sigma_m = 12.4$$

soit une densité inférieure de 8,4 % à celle du mercure pur, tandis que M. Targonski a observé des diminutions de la densité bien supérieures à 25 % dans certains cas. On ne peut

[1] M. Silvey admet la production d'une couche d'huile à la surface des gouttes qui, une fois formée, aurait pour effet d'empêcher la volatilisation du mercure.

cependant tirer aucune conclusion certaine de cette divergence, la façon dont les gouttes sont préparées étant différente dans les expériences de M. Targonski et dans celles de M. Silvey. Il n'y a rien de choquant à supposer que des petites gouttes de mercure préparées par l'ébullition du liquide ont, dès le début, une autre constitution et d'autres propriétés que celles qui ont été préparées par une pulvérisation mécanique. Nous savons du reste que, dans le procédé de division mécanique, les gouttes reçoivent des propriété différentes suivant la pression de pulvérisation et le procédé de pulvérisation employés [1].

Nous voudrions résumer les constatations qui se dégagent des expériences actuellement connues sur des gouttes ultramicroscopiques de mercure, en formulant les conclusions suivantes :

1. Il semble possible que les procédés de pulvérisation, ou tout au moins certains procédés de pulvérisation, communiquent aux gouttes ultramicroscopiques de mercure dès le début une densité différente de celle du métal pur.

2. Il est probable que les modifications de la densité moyenne ne sont pas exclusivement attribuables dans tous les cas à la production d'une couche de faible densité à la surface des gouttes, mais il pourrait y avoir en même temps modification de la constitution intérieure des gouttes.

De nouvelles expériences tendant à élucider ces questions semblent désirables.

IV. Expériences faites avec des gouttes d'huile.

Les changements de masse et de densité que subissent des gouttes ultramicroscopiques de mercure ne présenteraient pas un intérêt particulier, si l'on n'était pas tenté de généraliser les constatations et de les étendre à des gouttes obtenues par la pulvérisation d'autres liquides. Il semble probable *a priori* que tous les liquides sous forme de petites gouttes devraient être volatiles.

[1] Targonski, A. *L. c.*; Schidlof, A. *L. c.*

La constatation de M. R.-A. Millikan, que la masse des gouttes d'huile est invariable, paraît ainsi un fait isolé et passablement énigmatique.

On ne peut guère invoquer la faible tension de vapeur de l'huile, celle du mercure n'est certainement pas plus grande. Du reste la grandeur de la tension de vapeur serait sans importance si nos idées sur la cause de la volatilité des petites gouttes sont exactes[1]. Il en est autrement en ce qui concerne la *viscosité* du liquide. Celle-ci pourrait atténuer l'effet du bombardement moléculaire de la surface qui produit l'expulsion des molécules du liquide.

Toutefois le coefficient de viscosité de l'huile d'olive n'est qu'environ soixante fois plus grand que celui du mercure, et puisque les gouttes de mercure pur fraîchement préparées sont extrêmement volatiles, on ne comprend pas bien l'absence de toute trace de volatilité dans le cas des gouttes d'huile. Nous sommes plutôt tenté d'admettre, d'après ce que nous savons sur les propriétés des gouttes ultramicroscopiques de mercure, que *la surface des gouttes d'huile s'altère encore bien plus rapidement en présence de l'air que celle du mercure.*

Si l'on n'a pas occasion d'observer des gouttes d'huile volatiles, cela tient peut-être au fait que la surface a déjà perdu sa volatilité primitive au moment où la goutte est soumise à l'observation.

Un fait expérimental, auquel on n'a pas encore prêté toute l'attention qu'il mérite, vient à l'appui de notre supposition. Si les gouttes d'huile ne changent pas sensiblement de masse, elles montrent par contre une autre particularité qui rend leur invariabilité apparente encore plus curieuse.

M. A. Schidlof et Mlle J. Murzynowska[2] ont remarqué dans leurs expériences faites avec des petites gouttes d'huile d'olive *que les valeurs apparentes des charges décroissent progressivement au cours d'une expérience de longue durée.*

L'effet en question est très faible, la diminution de e reste toujours inférieure à 1 %, mais, d'après les idées développées

[1] Targonski, A., *l. c.*; Schidlof, A. *L. c.*
[2] Schidlof, A. et Murzynowska, J. *L. c.*

au premier chapitre, *une diminution apparente de la charge indique toujours une diminution réelle de la densité.*

La densité des gouttes d'huile peut donc subir une diminution progressive sous l'influence de certains agents qui se trouvent dans l'atmosphère.

Cette constatation est confirmée par le fait que les expériences citées plus haut, où les gouttes avaient longtemps séjourné dans l'air avant d'arriver à l'observation, ont fourni une valeur trop faible pour la charge de l'électron :

$$e = 4,738 \times 10^{-10} ,$$

au lieu de

$$e_0 = 4,774 \times 10^{-10}$$

chiffre indiqué par M. Millikan.

En attribuant la différence entre les deux valeurs à une modification de la densité de l'huile, on trouve pour les gouttes en question, dont le rayon est en moyenne

$$a = 7,1 \times 10^{-5} \text{ cm} ,$$

la densité :

$$\sigma = 0,895$$

au lieu de :

$$\sigma_0 = 0,910 ,$$

densité de l'huile pure.

On remarque du reste, comme l'a fait observer M. Targonski [1], aussi dans les protocoles d'observations de M. Millikan, une très légère décroissance progressive de la charge, preuve que ces gouttes non plus n'étaient pas inaltérables.

Quoiqu'une variation corrélative des durées de chute fasse défaut, on ne peut cependant pas admettre que la masse des gouttes d'huile est restée constante, ce qui serait en général inconciliable avec la supposition d'un changement de densité. Il est par contre parfaitement admissible que la densité et la masse d'une goutte varient sans que sa durée de chute change.

Supposons, par exemple, pour fixer les idées, que la goutte dissolve un fluide de densité σ'. (On pourrait étendre les consi-

[1] Targonski, A. *L. c.*

dérations suivantes aux gouttes volatiles qui également, sous certaines conditions, pourraient montrer des durées de chute invariables). Le rayon de la goutte varie alors en même temps que sa masse, et puisque, abstraction faite du terme $1 + \frac{Al}{a}$, la vitesse de chute (équation 1) ne dépend que du rapport $\frac{m}{a}$, la durée de chute restera inchangée, pour autant que ce rapport n'est pas modifié.

Soit σ_0 la densité du liquide, la masse primitive de la goutte non transformée est :

$$m = \frac{4\pi}{3} a^3 \sigma_0 .$$

Si la goutte dissout une quantité infiniment petite d'un fluide de densité σ', un rayon augmente de da et sa masse augmente de :

$$dm = 4\pi a^2 \sigma' da .$$

Puisqu'on a d'une part :

$$\frac{m}{a} = \frac{4\pi}{3} a^2 \sigma_0$$

et d'autre part :

$$\frac{dm}{da} = 4\pi a^2 \sigma'$$

la condition nécessaire et suffisante pour que la masse croisse proportionnellement au rayon :

$$\frac{m}{a} = \frac{dm}{da}$$

est remplie si l'on a :

$$\sigma' = \frac{\sigma_0}{3} .$$

On voit que σ' doit être notablement plus petit que σ_0 dans le cas où la durée de chute reste invariable. Cela s'accorde avec le fait constaté expérimentalement que la densité des gouttes d'huile, après un séjour prolongé dans l'air, est presque toujours inférieure à celle de l'huile pure. Il n'est naturellement pas probable que la condition ci-dessus indiquée soit rigoureusement réalisée dans les cas concrets, mais il suffit qu'elle le soit

dans une mesure qui rend la constatation expérimentale de la variation des durées de chute impossible, pour que la variation des charges apparentes e soit le seul vestige de l'altérabilité de la goutte.

Dans le cas général on trouve en intégrant l'équation

$$\frac{dm}{m} = \frac{3\sigma'}{\sigma_0}\frac{da}{a}$$

la formule :

$$\frac{m}{a} = \frac{m_0}{a_0}\left(\frac{a}{a_0}\right)^{\frac{3\sigma'}{\sigma_0}-1},$$

m_0 et a_0 désignant la masse initiale et le rayon initial de la goutte[1].

Ces considérations ne concernent que des gouttes non volatiles ($m > m_0$ et $a > a_0$). On reconnaît qu'on peut prévoir deux espèces de gouttes non volatiles :

Si : $\sigma_0 > 3\sigma'$ les durées de chute *augmentent* progressivement parce que le rapport $\frac{m}{a}$ diminue. Cela arrive par exemple pour certaines gouttes de mercure non volatiles.

Le contraire a lieu si $\sigma_0 < 3\sigma'$. Dans ce cas les durées de chute *diminuent*. Ce fait a été observé par M. Millikan pour certaines espèces d'huile. Nous aurons l'occasion de montrer qu'il peut en être de même des gouttes d'huile d'olive, du moins dans certaines circonstances spéciales.

Après avoir fourni des preuves de l'altérabilité des gouttes d'huile en général, nous devons en conclure que de même les gouttes observées par M. R.-A. Millikan, pouvaient ne pas avoir la densité de l'huile pure, puisqu'elles ont pu se transformer pendant la pulvérisation et ensuite encore pendant l'observation. Nous croyons cependant que l'influence de cet effet sur la valeur apparente de la charge de l'électron a dû être faible dans ces expériences en raison de la grande masse des gouttes. La masse de certaines gouttes d'huile de M. Millikan est environ

[1] Dans le but d'obtenir une formule aussi simple que possible nous n'avons pas tenu compte du changement que subit la densité de la goutte par suite de l'apport d'une masse de densité différente. L'approximation est suffisante parce que les changements observés sont toujours très petits.

1000 fois plus grande que celle des gouttes dont il a été question plus haut, et on peut penser que d'aussi grosses gouttes se comportent déjà presque comme des gouttes macroscopiques. Nous croyons donc que la valeur de e_0 indiquée par M. Millikan, doit être très voisine de la véritable valeur de cette grandeur.

Si toutefois les transformations signalées ont eu vraiment une influence, le chiffre obtenu par M. Millikan devrait être un peu trop petit. Il ne semble pas impossible d'effectuer de déterminations précises permettant d'évaluer la grandeur de la correction.

V. Transformations subies par des gouttes ultramicroscopiques d'huile d'olive sous l'influence des agents atmosphériques.

L'invariabilité des durées de chute des gouttes d'huile d'olive est-elle rigoureuse ou approximative ?

Des expériences, qui n'ont pas encore été publiées, faites au laboratoire de physique de l'Université de Genève, nous permettent de répondre à cette question. La variabilité des gouttes d'huile ne peut être mise en évidence que par des déterminations ou bien très précises ou de très longue durée. Or, en juin-juillet 1916, M. A. Targonski a entrepris, sur ma demande, une série d'observations avec des gouttes d'huile d'une vitesse de chute de 0018 cm/sec., soit d'un rayon de $3{,}5 \times 10^{-5}$ cm environ.

Cette série comprenant 1150 observations de durées de chute, fait partie de nos recherches sur le mouvement brownien des particules électrisées [1]. Un mémoire détaillé sur cette question est en préparation.

Pour résoudre le problème que nous nous étions posé, l'invariabilité la plus complète de la masse et des dimensions des particules était désirable. Nous avions donc pris toutes les précautions possibles pour exclure l'intervention des poussières. Le condensateur fut évacué à plusieurs reprises et rempli avec de

[1] Schidlof, A. et Targonski, A. Über die Brown'sche Bewegung elektrisch geladener Teilchen in Gasen, *Phys. Zeitschr.*, 1916, vol. 17, p. 376-388.

l'air soigneusement filtré. Les plateaux du condensateur étaient enduits d'huile pour retenir toutes les poussières qui y étaient amenées par le champ électrique.

Malgré ces précautions, les gouttes observées avaient une durée de chute variable. M. Targonski mentionne, dans son mémoire publié en 1917 [1], une goutte particulièrement variable, dont la durée de chute avait diminué de 27,77 sec. à 24,74 sec. au bout de deux heures. Les autres gouttes étaient beaucoup moins variables, *mais toutes sans aucune exception accusent une durée de chute qui diminue avec le temps.*

L'intervention des poussières et d'autres corps non volatiles peut paraître exclue, d'une part, en raison des précautions prises, et d'autre part, parce que le phénomène présente le même caractère, sinon la même importance, pour toutes les gouttes observées pendant un intervalle suffisamment long.

De plus la variation de la durée de chute se produit *d'une façon continue,* pour autant qu'on peut juger, étant donné le mouvement brownien très marqué de ces gouttes, qui oblige de prendre la moyenne d'un grand nombre d'observations, si l'on veut éviter une incertitude trop considérable.

Citons, à titre d'exemple, une série de 400 observations de durées de chute, faites avec la même goutte. Cette série, la plus longue qui a été effectuée, s'étendait sur une durée de cinq heures.

Les moyennes des durées de chute divisées en groupes de 50 sont successivement :

Obs. N° 508.	I.	31,626	$t_1 = 31,626$	Moyenne générale $(t_1)_m = 30\,357$ sec
	II.	30,264	$t_1' = 30,291$	
	III.	30,290		
	IV.	30,216		
	V.	30,468		
	VI.	30,218		
	VII.	29,748	$t_1'' = 29,886$	
	VIII.	30,024		

La moyenne des premières 50 observations : $t_1 = 31,626$ sec., s'écarte nettement de celle des 250 qui suivent : $t_1' = 30,291$ sec.

[1] Targonski, A., *l. c.*

A la fin, les dernières 100 observations fournissent une durée de chute: $t_1'' = 29{,}886$ sec., légèrement inférieure à t_1'. Toutefois la seconde diminution est beaucoup moins importante que celle observée au début et se manifeste seulement au bout d'un temps bien plus long.

Comment savoir si ces différences ne sont pas attribuables au mouvement brownien ? En premier lieu on remarque que les changements, nettement systématiques dans le sens d'une *diminution*, n'ont nullement le caractère de variations fortuites.

Il existe du reste une formule théorique très précise indiquée par M. E. Schrödinger[1] qui permet de trancher la question : L'écart probable de la moyenne générale, auquel il faut s'attendre en prenant la moyenne de n observations quelconques, est :

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{\lambda^2}{\mathrm{L}\, v_1\, n}}$$

λ^2 étant le carré moyen des fluctuations browniennes
L le parcours de chute de la goutte
v_1 sa vitesse de chute
n le nombre des observations dont on a pris la moyenne.

La moyenne générale des durées de chute de la série est :

$$(t_1)_m = 30{,}357 \text{ sec.}$$

Nous calculons d'autre part :

Nombre des observ.	Ecart probable d'après Schrödinger :	Ecart observé :
$n = 50$	$\varepsilon_{50} = 0{,}013$ soit 0,40 sec	$t_1 - (t_1)_m = 1{,}269$ sec
$n = 100$	$\varepsilon_{100} = 0{,}0092$ soit 0.28 sec	$t_1'' - (t_1)_m = -0{,}471$ sec

L'écart dépasse donc dans les deux cas la valeur de la fluctuation probable.

Le même caractère se retrouve dans les autres séries d'observations. Pendant la première demi-heure ou heure, la diminu-

[1] Schrödinger, E. *Phys. Zeitschr.*, 1915, vol. 16, p. 289.

tion de la durée de chute est en général plus rapide, puis elle devient plus lente. Nous donnons à titre d'exemple encore deux autres gouttes de la série, les moyennes des durées de chute étant toujours prises par groupes de cinquante :

Obs. N° 507.	I.	29,092	$t_1 = 29{,}092$	Moyenne générale : $(t_1)_m = 28{,}822$ sec
	II.	29,460		
	III.	28,110	$t_1' = 28{,}973$	
	IV.	29.350		
	V.	28,096	$t_1'' = 28{,}096$	
Obs. N° 509.	I.	28,018	$t_1 = 28{,}018$	Moyenne générale : $(t_1)_m = 27{,}446$ sec
	II.	27,410		
	III.	27,348	$t_1' = 27{,}382$	
	IV.	27,388		
	V.	27,064	$t_1'' = 27{,}064$	

Pour la quatrième goutte de la série on n'a fait que 50 observations en tout ; la cinquième est la goutte particulièrement variable citée par M. Targonski.

La diminution progressive des durées de chute n'est donc pas un incident, elle est une propriété générale des gouttes d'huile d'olive, ou du moins de celles observées dans ce groupe d'expériences. Cette diminution doit être l'effet d'une transformation que subissent les gouttes sous l'influence de certains agents contenus dans l'atmosphère ambiante.

La détermination de la valeur apparente des charges électriques portées par une même goutte à différentes époques de l'expérience — en d'autres termes la détermination des durées d'ascension — peut nous renseigner sur la variation qu'a subie la densité, pendant la transformation en question. Cette détermination a été faite au début (I), au milieu (II) et à la fin (III) de l'expérience pour la goutte n° 508, au début (I) et à la fin (II) pour la goutte n° 507 ; pour la goutte n° 509 nous ne possédons que la charge initiale. Les résultats sont indiqués dans le tableau suivant.

Valeurs des charges élémentaires apparentes.

Obs. N° 508.	e			*Obs. N° 507.*	e	
I.	$4{,}64 \times 10^{-10}$	Moyenne		I.	$4{,}68 \times 10^{-10}$	Moyenne
II.	$4{,}70 \times 10^{-10}$	$4{,}707 \times 10^{-10}$		II.	$4{,}80 \times 10^{-10}$	$4{,}74 \times 10^{-10}$
III.	$4{,}78 \times 10^{-10}$					

Quoique les différences entre les observations partielles et la moyenne soient ici à peine supérieures aux écarts prévus par la théorie, la marche nettement systématique semble indiquer que la densité de chaque goutte a vraiment augmenté au cours de ces expériences.

Rappelons que d'ordinaire la densité des gouttes d'huile d'olive semble plutôt diminuer avec le temps. Toute la série en question présente donc un caractère exceptionnel, surtout en ce qui concerne le sens dans lequel s'opère le changement de la densité des gouttes. La cause probable de ce fait a été indiquée par M. Targonski. Il est à supposer que le condensateur, ayant servi auparavant pendant longtemps à des expériences faites avec des gouttes de mercure, était infecté par les vapeurs de ce liquide.

Malgré son caractère exceptionnel, la constatation est cependant intéressante. Elle rend, en effet, évidente l'influence que peuvent avoir certains agents contenus dans l'atmosphère ambiante sur la constitution des gouttes d'huile. La supposition que les gouttes d'huile peuvent subir pendant la pulvérisation une transformation, qui rend leur surface non volatile et qui modifie leur densité, gagne ainsi en vraisemblance.

VI. Résumé.

Dans le présent mémoire nous avons tenté d'extraire des faits actuellement connus concernant les modifications que subissent les propriétés physiques de différents liquides, observés sous forme de très petites gouttes, un certain nombre de conclusions, en insistant notamment sur les points suivants :

1. De très petites gouttes de mercure montrent, après un séjour prolongé dans l'air, toujours une densité considérablement inférieure à celle du liquide pur. L'explication du phénomène par une modification de la surface seule est dans certains cas insuffisante, et on a des raisons pour supposer que la masse entière de la goutte peut subir des transformations.

2. La masse des très petites gouttes non volatiles, par exemple, des gouttes d'huile, est toujours légèrement variable. L'invariabilité apparente des durées de chute n'indique pas nécessairement l'inaltérabilité des gouttes. Si l'on explique la modification progressive de la goutte par l'absorption d'un fluide de densité σ' on peut diviser les gouttes non volatiles en deux catégories, celles dont la densité σ_0 est plus grande et celles dont la densité est plus petite que $3\sigma'$. Les durées de chute des premières augmentent et celles des secondes diminuent avec le temps. Dans certaines conditions les gouttes d'huile rentrent dans la seconde catégorie.

3. L'huile d'olive est volatile. Malgré ce fait qu'on peut considérer comme établi, les masses des petites gouttes d'huile d'olive ne diminuent pas ; il peut même arriver qu'elles augmentent. On doit se demander si cette propriété ne tient pas à une modification particulière que subit la surface de la goutte au moment de la pulvérisation.

4. Il semble indiqué d'étudier dans quelle mesure les effets ici signalés peuvent avoir une influence sur la précision des déterminations de la charge de l'électron, et si le chiffre actuellement admis ne doit pas subir de ce fait une légère correction.

Laboratoire de physique de l'Université de Genève.
Septembre 1916—janvier 1918.

PROJET

DE

BUREAU MÉTÉOROGRAPHIQUE EUROPÉEN

(2e note)

PAR

René de SAUSSURE

(Avec 7 fig.)

Dans une première note, présentée à l'assemblée générale de la Société helvétique des Sciences naturelles, réunie à Lucerne en 1905[1], j'ai signalé les avantages qu'offrirait la création d'un *Bureau Central Météorographique*, pour la coordination des différents services météorologiques nationaux en Europe.

En revenant de Lucerne, le regretté physicien F.-A. Forel, avec lequel je voyageais, me dit, à propos de la communication que je venais de faire : « Il n'y a qu'une chose qui m'étonne, c'est que ce Bureau central météorographique n'existe pas encore ! »

Or, comme depuis l'année 1905, non seulement rien n'a été fait dans cette direction, mais qu'au contraire les services météorologiques internationaux ont été désorganisés par la guerre actuelle, le moment semble venu d'étudier de nouveau la question et de préparer pour l'après-guerre une organisation plus rationnelle des services météorologiques.

A mesure aussi que la météorologie se développe, la nécessité

[1] Voir *Verh. der Schweiz. Naturforsch. Ges.*, 1905, vol. 88, p. 150.

de services internationaux *permanents* s'impose davantage. Mais, avant de songer à étendre ces services sur toute la surface du globe terrestre, il faut les coordonner d'abord sur la surface de chaque continent.

La situation politique actuelle paraît tout particulièrement propice à l'organisation d'un service météorologique européen au moyen d'un Bureau central situé dans un pays neutre, comme la Suisse. En effet, les relations internationales étant actuellement rompues entre les deux groupes de belligérants, ceux-ci ont tout avantage à favoriser la création d'un Bureau central *neutre*, permettant de réorganiser le service international sans que les belligérants aient besoin d'entrer directement en relations les uns avec les autres.

Mais, outre ces raisons d'opportunisme, il y en a d'autres, non moins péremptoires, en faveur de la création d'un Bureau central européen : actuellement, chaque Etat a son organisation propre ; il n'y a donc aucune uniformité, ni dans les méthodes de travail, ni dans les unités de mesures, ni surtout dans la transmission des dépêches, malgré tous les arrangements internationaux déjà faits et malgré les nombreux vœux émis par le Comité international de météorologie.

On peut dire que le *service météorologique européen actuel est comparable à un service téléphonique sans bureau central !* Il en résulte des pertes de temps et d'argent considérables. Pour ne parler que des dépêches à transmettre d'une station météorologique à une autre, si n est le nombre des stations, chaque station doit envoyer $n-1$ dépêches aux autres stations, ce qui fait en tout $(n-1)^2$ dépêches; avec un Bureau central, au contraire, il suffit que chaque station soit mise en rapport avec ce bureau, ce qui ne nécessite que $2n$ dépêches par jour. Par exemple, pour 50 stations météorologiques, 100 dépêches suffiront, alors qu'avec le système sans Bureau central il en faudrait 2400.

Evidemment, les bureaux nationaux réalisent déjà dans une certaine mesure la centralisation des renseignements, mais par contre ces bureaux occasionnent une perte de temps considérable, parce que les renseignements centralisés dans l'un d'eux doivent ensuite être transmis télégraphiquement à tous les autres bureaux nationaux. Au contraire, avec un Bureau central uni-

que pour toute l'Europe, la centralisation des renseignements fournit le maximum de rendement dans le minimum de temps.

* * *

Il faut avant tout bien définir le rôle et le but que devrait remplir le Bureau central européen, car un examen superficiel de la question pourrait faire craindre que la création d'un semblable bureau n'entraînât à sa suite des frais considérables ainsi que de profonds bouleversements dans l'organisation actuelle des Services météorologiques nationaux.

Or il n'en est rien. *Le Bureau central ne serait pas une « station météorologique », mais un simple bureau cartographique*, destiné avant tout à faire chaque jour la *Carte du Temps*[1] d'après les dépêches reçues des différentes stations européennes ; et, cette carte une fois faite, à la réexpédier télégraphiquement aux divers bureaux nationaux. Un semblable bureau nécessiterait tout au plus une dépense annuelle de 40 à 50000 francs[2], somme qui serait fournie collectivement par les divers Etats européens.

D'autre part, tous *les services météorologiques nationaux subsisteraient tels quels,* et leur indépendance serait respectée, car le Bureau central, bien loin de diriger en aucune façon les travaux des instituts météorologiques des différents pays, serait au contraire placé sous leur dépendance, ou plutôt sous la dépendance d'un *Comité météorologique européen* composé des chefs des services nationaux. Ainsi, les services nationaux pourront conserver leurs unités de mesure et leurs méthodes de travail ; d'autre part, leur tâche internationale sera facilitée par l'existence du Bureau central.

Enfin, grâce à la centralisation des renseignements, le Bureau central pourrait faire des cartes plus complètes et plus détaillées, ce qui aurait pour résultat une prévision plus certaine du temps. L'échelle des cartes serait agrandie et l'on développerait surtout les méthodes de représentation graphique des météores[3], ces

[1] Voir plus loin les Attributions du Bureau central.
[2] Voir plus loin le projet de budget pour le Bureau central.
[3] Voir plus loin le rapport sur les nouvelles méthodes graphiques.

méthodes ayant l'avantage d'être comprises dans toutes les langues et d'offrir à l'œil une vue d'ensemble des phénomènes.

ANNEXES

I. Attributions du Bureau central. — Le Bureau central européen serait chargé :

1° Au point de vue *administratif,* de préparer et de faire imprimer les programmes, procès-verbaux et rapports des *Conférences météorologiques européennes* et des séances périodiques du Comité européen.

2° Au point de vue *technique,* de faire au moins une fois par jour la carte générale du temps pour toute l'Europe, d'après les rapports télégraphiques reçus directement des différentes stations nationales et locales, et de réexpédier cette carte télégraphiquement aux différents bureaux nationaux. Le Bureau central serait chargé aussi de la publication annuelle d'un atlas résumant les cartes et les observations de l'année.

II. Budget approximatif du Bureau central. — Honoraire du personnel (direct., dessinat., dactylographe, etc.), Fr. 22 000.—
Loyer du local, » 1 000.—
Frais d'impression des cartes, atlas, rapports, etc., » 25 000.—
Total : Fr. 48 000.—

soit en chiffres ronds *cinquante mille francs* par an, à la charge des différents Etats européens, ce qui ferait environ :

5000 fr. par an pour les grands pays,
2 ou 3000 » » » pays moyens,
500 ou 1000 » » » petits pays.

Les dépêches météorologiques seraient portées au compte de chaque pays, mais comme la création d'un Bureau central réduirait énormément le nombre de ces dépèches, chaque Etat économisera de la sorte une somme à peu près égale à sa part d'entretien du Bureau central ; en d'autres termes : *la création d'un Bureau central n'augmentera probablement pas les dépenses*

actuelles des différents Etats européens pour leurs services météorologiques.

III. Nouvelles méthodes graphiques. — Le Bureau central devra développer autant que possible les méthodes de représentation graphique des météores *(météorographie).*

La carte officielle du temps publiée par le Bureau central européen n'indiquera donc pas les données numériques des stations locales : la pression barométrique par exemple sera représentée uniquement par les lignes d'égale pression *(isobares)* et la température par les lignes *isothermes.*

On a l'habitude d'indiquer sur la carte, au moyen de petites flèches, la direction et la force du vent, observées aux différentes stations météorologiques : ce sont là encore des données locales qui doivent disparaître de la carte du temps et être remplacées par les *lignes de flux* qui représentent l'état de mouvement de l'atmosphère au moment des observations.

J'ai indiqué, il y a déjà quelques années, une méthode géométrique générale pour construire ces lignes de flux[1], méthode qu'il n'est peut-être pas superflu de rappeler ici succinctement à cause de son importance pour l'établissement des cartes météorologiques et l'étude des mouvements de l'atmosphère.

Le problème général qu'il s'agit de résoudre est le suivant : *Connaissant la direction du vent dans les différentes stations météorologiques, représenter au moyen de lignes de flux l'état de mouvement de l'atmosphère à l'instant considéré.*

Pour résoudre ce problème, soit M le point qui représente sur la carte une station météorologique et soit D la droite qui indique la direction du vent au point M ; le sens du mouvement du vent étant figuré sur la droite D par une pointe de flèche, nous donnerons à la figure MD le nom de *flèche.*

Si l'on considère une flèche MD comme un élément spatial primitif, on peut imaginer des systèmes continus de flèches, et l'étude de ces systèmes constituera une nouvelle géométrie que j'ai appelée la *géométrie des flèches.* Pour appliquer cette géo-

[1] *Arch.*, « Théorie géométrique du mouvement des corps », 1902, vol. 13, p. 441.

métrie aux cartes météorologiques, il faut rechercher d'abord quels sont les systèmes fondamentaux de flèches.

Si l'on fait tourner une flèche MD autour d'un centre fixe,

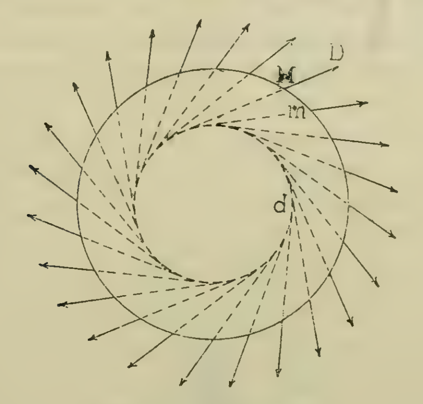


Fig. 1. — La Couronne.

l'ensemble des positions occupées par cette flèche forme un système particulier auquel j'ai donné le nom de *couronne* (fig. 1). Le cercle m engendré par le point M pendant la rotation de la

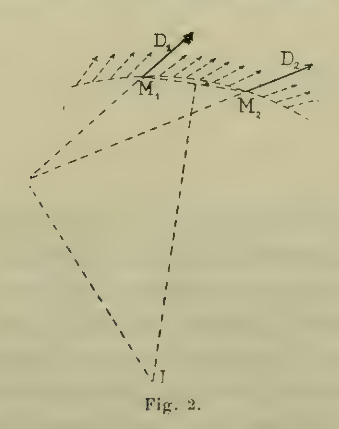


Fig. 2.

flèche est la *base* de la couronne, tandis que le cercle concentrique d, auquel la droite D reste constamment tangente, en est la *gorge*.

Il est facile de voir que : *deux flèches quelconques déterminent une couronne, et n'en déterminent qu'une seule.* En effet, soient M_1D_1 et M_2D_2 (fig. 2) les deux flèches données ; élevons

une perpendiculaire sur le milieu du segment M_1M_2, et construisons la bissectrice extérieure de l'angle formé par les droites D_1 et D_2; cette bissectrice rencontre la perpendiculaire en un point I, qui est le centre de la couronne cherchée, car si l'on fait tourner la flèche M_1D_1 autour du point I, elle prendra une série de positions parmi lesquelles se trouvera évidemment la position M_2D_2.

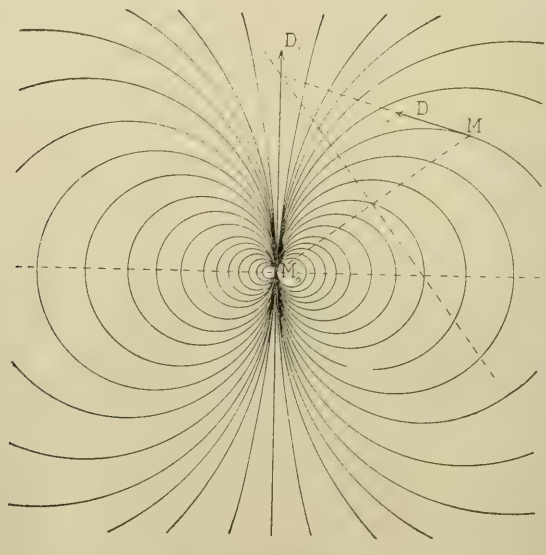


Fig. 3. — Le Couronoïde.

Il existe, outre la couronne, un autre système de flèches jouant aussi un rôle fondamental et auquel j'ai donné le nom de *couronoïde:* considérons une flèche fixe M_0D_0 (fig. 3) et construisons tous les cercles tangents à la droite D_0 au point M_0; l'ensemble de ces cercles définit un système particulier de flèches, tel qu'en tout point du plan se trouve une flèche, et une seule, appartenant au système; ainsi, par exemple, la flèche qui se trouve au point M est la flèche MD dont la direction est tangente au cercle du couronoïde qui passe en ce point. On voit que les cercles du couronoïde sont des *lignes de flux* de ce système de flèches. On peut démontrer facilement que : *trois flèches quelconques déterminent un couronoïde, et n'en déterminent qu'un*

seul. Soient M_1D_1, M_2D_2, M_3D_3 (fig. 4), les trois flèches données ; joignons deux à deux ces flèches par des couronnes, et soient I_1, I_2, I_3 les centres respectifs de ces trois couronnes (construits par la méthode de la figure 2). On constate alors que les cercles de base M_2M_3, M_3M_1, M_1M_2, de ces trois couronnes se recoupent en un même point M_0, et que les cercles de gorge (représentés en pointillé) sont tangents à une même droite D_0, qui passe par M_0. La figure M_0D_0 ainsi déterminée sera appelée la *flèche inverse* des trois flèches données. Il existe toujours une flèche et une seule qui soit inverse de trois flèches données.

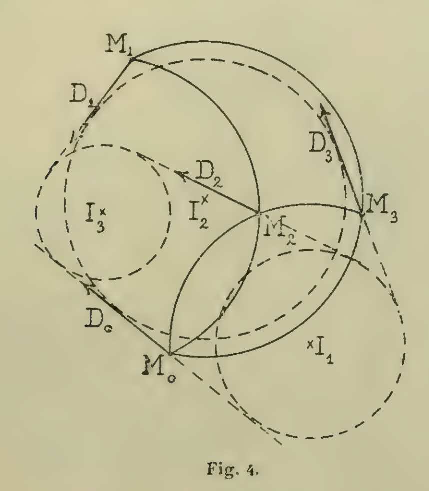


Fig. 4.

Soient maintenant MD, M_1D_1, M_2D_2 trois flèches quelconques données (fig. 5), et soit M_0D_0 la flèche inverse de ces trois flèches (construite par la méthode de la figure 4). Traçons tous les cercles tangents à la droite D_0 au point M_0 (cercles pointillés sur la figure 5), l'ensemble de ces cercles définit un couronoïde, qui est précisément le couronoïde cherché, car les trois flèches données font toutes trois partie de ce couronoïde. On voit qu'il n'existe qu'un seul couronoïde contenant trois flèches données.

On peut maintenant résoudre le problème suivant : *Connaissant la direction du vent à un instant donné, dans trois stations météorologiques M, M_1, M_2* (fig. 5), *déterminer l'état de mouvement de l'atmosphère entre ces trois stations.* Soient MD, M_1D_1,

M_2D_2, les trois flèches qui représentent la direction du vent aux trois points M, M_1, M_2, on construit le couronoïde qui contient ces trois flèches (cercles pointillés); on trace le triangle curviligne MM_1M_2, formé par les cercles de base des couronnes qui joignent deux à deux les trois flèches; enfin, on marque en traits pleins la partie des cercles pointillés qui se trouve à l'intérieur de ce triangle curviligne; l'ensemble de ces traits pleins représente l'état de mouvement de l'atmosphère entre les trois sta-

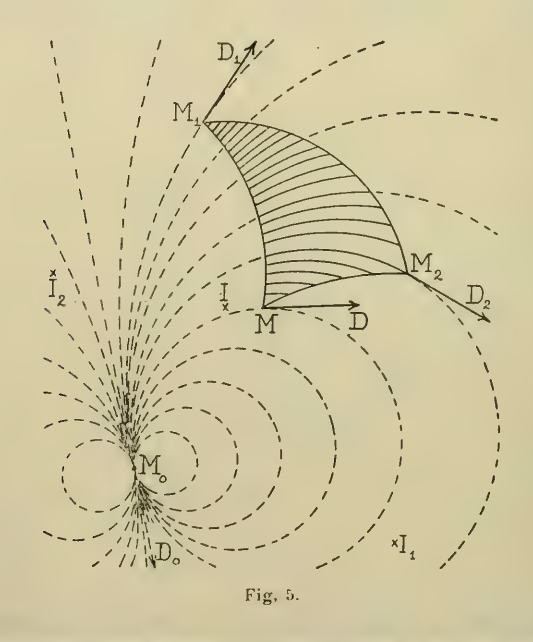


Fig. 5.

tions données, c'est-à-dire les lignes de flux de l'air en mouvement dans cette région.

Si l'on veut maintenant déterminer l'état de mouvement de l'atmosphère sur une région donnée, où se trouve un nombre quelconque de stations météorologiques, il suffira de répéter un certain nombre de fois la construction précédente. Ainsi, si les points numérotés de 1 à 11 (fig. 6) et les flèches correspondantes représentent des stations et les directions du vent observées à un instant donné en ces stations, on déterminera d'abord l'état de mouvement de l'atmosphère entre les trois stations 1, 2, 3 ; puis l'état de mouvement entre les trois stations 1, 2, 4 ; puis

entre les trois stations 2, 3, 5, et ainsi de suite. On constate alors que les lignes de flux d'un triangle curviligne quelconque (par exemple le triangle 3, 6, 8) se raccordent exactement avec les lignes de flux du triangle adjacent (6, 8, 11), tout le long de leur côté commun (6, 8), de sorte que l'on obtient finalement un

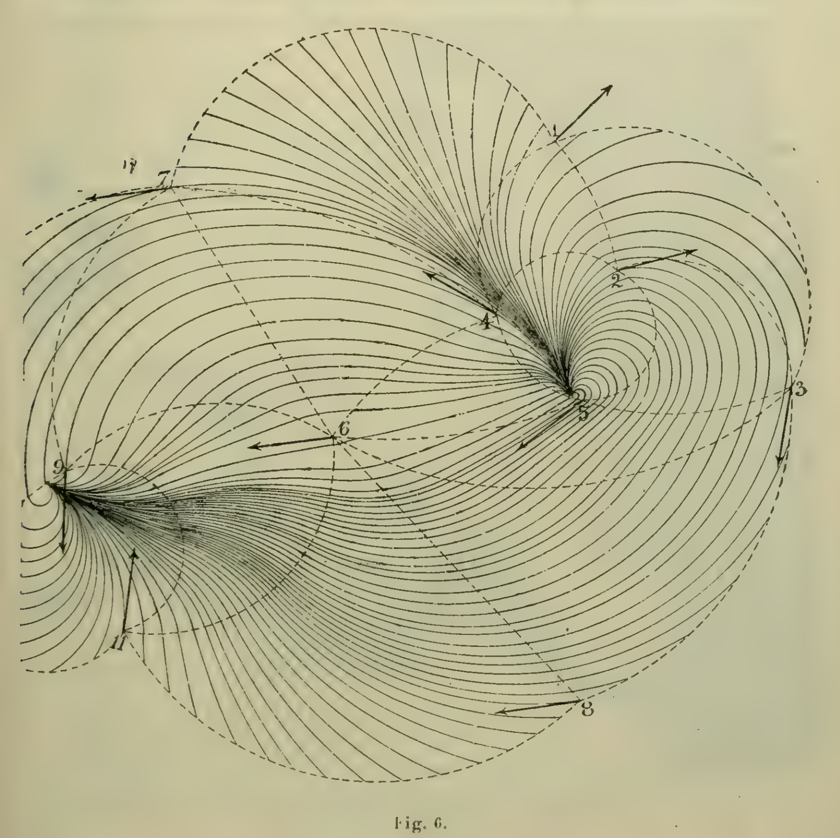


Fig. 6.

système unique de lignes de flux, couvrant toute la région considérée et représentant d'une manière complète l'état de mouvement de l'atmosphère sur toute cette région. On pourrait donner à ces lignes le nom de *lignes kinostatiques* (état de mouvement).

La fig. 7 représente l'état de mouvement de l'atmosphère sur toute l'Europe au 16 octobre 1886 tel qu'il résulte de notre procédé géométrique, appliqué aux données fournies par la carte ordinaire du temps de ce jour-là.

Si le Bureau central européen publiait chaque jour une carte analogue, on pourrait se rendre mieux compte des mouvements de l'atmosphère, de la formation des cyclones et des anticyclones, ainsi que des changements intervenus d'un jour au jour suivant, et la prévision du temps en serait facilitée.



Fig. 7. — Carte d'Europe montrant l'état de mouvement de l'atmosphère, le 16 octobre 1886, au moyen des lignes kinostatiques.

IV. Transmission de la carte du temps par télégraphe. — La carte du temps, établie quotidiennement par le Bureau central d'après les données locales des différentes stations météorologiques, sera expédiée par la poste à ces diverses stations, ainsi qu'à toutes les personnes qui se seront abonnées au service météorologique central.

Mais, comme la plupart de ces envois postaux ne parviendront à leur destination que le jour suivant, il est nécessaire que le

Bureau central transmette en outre *par télégraphe* aux principales stations météorologiques une *carte provisoire du temps,* au moyen d'un code télégraphique spécial, basé sur les signes de l'alphabet Morse.

On peut, par exemple, procéder de la façon suivante, en se servant uniquement comme signes conventionnels des 10 chiffres arabes et des 26 lettres de l'alphabet latin : supposons la carte d'Europe tracée sur du papier quadrillé, les carrés étant désignés par les lettres de l'alphabet, depuis *a* jusqu'à *z,* dans le sens vertical et dans le sens horizontal, comme on a l'habitude de le faire pour les plans de villes. Chaque carré sera défini par ses deux coordonnées, c'est-à-dire par deux lettres représentant l'une son abscisse, l'autre son ordonnée.

Si l'on redivise maintenant chaque carré en carrés plus petits, correspondant encore aux 26 lettres de l'alphabet, dans les deux sens, on voit que la position de l'un quelconque de ces petits carrés sur la carte d'Europe sera exactement définie par 4 lettres, soit 2 lettres pour son abscisse et 2 pour son ordonnée. Or, étant donné que le côté d'un de ces petits carrés n'a guère en réalité que 7 kilomètres de long, on peut sans inconvénient considérer chaque carré comme un point, c'est-à-dire que, dans la transmission télégraphique, la position d'un point sera toujours définie par un mot de 4 lettres.

Pour télégraphier, par exemple, la carte des pressions barométriques, il suffit de définir le système des lignes isobares ; or, 5 à 6 points suffiront en général pour définir une ligne isobare (pour la carte provisoire). Une pareille ligne sera donc transcrite télégaphiquement par une phrase de 5 ou 6 mots contenant chacun 4 lettres, comme suit :

65 atco clbv hafe mods qech vpbu,

le chiffre *65* qui commence la phrase indique que la ligne isobare considérée est celle qui correspond à la pression 765. Comme 7 ou 8 lignes isobares suffisent pour définir complètement la pression atmosphérique sur toute l'Europe, on voit que la transmission de la carte barométrique pourra se faire au moyen de 7 ou 8 phrases, contenant chacune en moyenne 24 lettres, soit en tout une transmission d'environ 200 lettres.

La transmission de la carte des températures se fera d'une

façon tout à fait analogue, car au point de vue graphique les lignes isothermes sont semblables aux lignes isobares.

Reste la carte du vent. Là, deux méthodes se présentent : le Bureau central pourra se contenter, pour la carte provisoire, de transmettre simplement la *direction* et la *force* du vent observées dans les principales stations météorologiques (en attendant l'arrivée par la poste de la carte du vent, établie par le Bureau central), et ce serait probablement là la solution la plus pratique. Cependant, il ne serait pas impossible de transmettre aussi par un code télégraphique la carte complète du vent ; ce serait la seconde méthode, dans les détails de laquelle il est inutile d'entrer ici.

V. Télégraphie sans fil. — Naturellement dans le cas où un budget suffisant pourrait être accordé au Bureau météorographique européen, une simplification considérable pourrait être réalisée dans la transmission télégraphique de la carte quotidienne du temps, en installant au Bureau central, ou dans son voisinage, une puissante station de télégraphie sans fil (réceptrice et expéditrice), car alors une seule et même dépêche permettrait de transmettre la carte simultanément et instantanément à toutes les stations européennes munies d'un appareil récepteur.

De même, toutes les stations munies d'un appareil émetteur pourraient transmettre leurs observations locales au Bureau central par télégraphie sans fil. Du reste, si nous supposons, par exemple, que le Bureau météorographique européen soit installé à Berne, la station émétrice centrale pourrait être utilisée aussi à d'autres fins par les autres bureaux internationaux situés dans cette ville, ou par le gouvernement suisse (pour la transmission de l'heure, ou pour d'autres fins). Les frais d'installation ou d'exploitation seraient ainsi répartis entre toutes les institutions et tous les gouvernements qui utiliseraient cette station centrale. La réalisation d'un tel projet, capitale pour le service météorologique européen, ne serait donc pas très difficile, et l'on trouverait facilement à Berne la force motrice nécessaire, ainsi qu'un emplacement convenable (sur le mont Gurten, par exemple, dont l'altitude est d'environ 800 m).

Berne, Janvier 1918.

ÉTUDE

DE

L'ACIDE *m*-NITROCINNAMIQUE

BROMÉ DANS LA CHAINE LATÉRALE[1]

PAR

S. REICH

En collaboration avec MM. Agamirian, S. Kœhler, J. Gajkowski et Mlle E. Lubeck

(Recherches faites au laboratoire de chimie organique de l'Université de Genève)

Introduction.

On considère le pouvoir d'addition comme la propriété la plus caractéristique des composés renfermant une double liaison. Cependant on connaît des composés manifestement non saturés auxquels ce pouvoir manque, par exemple : l'acide α-phénylcinnamique[2], le nitrile α-phényl-p-nitrocinnamique[3], le tétraphényléthylène[4], le tétra- et l'hexanitrostilbène[5].

Pour expliquer cette anomalie, on invoque, dans la plupart des cas, l'influence exercée par les radicaux électronégatifs. On

[1] Les premiers résultats de ces recherches ont été publiés dans les *Berichte der deutschen chem. Gesellschaft*, *46*, p. 3727 [1913] comme note préliminaire intitulée : Ueber die isomeren m-Nitro-brom-zimmtsäuren.

[2] *Ber. 26*, 654.

[3] *Ber. 34*, 3081.

[4] *Annalen der Chemie 296*, 231.

[5] *Ber. 45*, 3055.

remarque, en effet, que ce sont surtout les composés renfermant ces radicaux qui montrent de l'indifférence vis-à-vis du brome. On fait entrer dans la catégorie des radicaux électronégatifs les groupes NO_2, C_6H_5, COOH, $COOC_2H_5$, CN et Br, car ces groupements d'atomes augmentent le caractère acide du composé dont ils font partie. Les exemples que j'ai cités plus haut confirment l'idée d'une corrélation entre la présence de groupements négatifs dans la molécule non saturée et son incapacité d'addition.

Au cours de ses expériences concernant l'action du sodium sur les corps non saturés, Schlenk[1] a constaté que le tétraphényléthylène

$$\begin{array}{c}C_6H_5 \\ C_6H_5\end{array}\!\!>C{=}C<\!\!\begin{array}{c}C_6H_5 \\ C_6H_5\end{array}$$

fixe deux atomes de sodium pour donner un dérivé métallique de la formule suivante :

$$\begin{array}{c}C_6H_5 \\ C_6H_5\end{array}\!\!>\overset{\displaystyle Na}{\overset{|}{C}}-\overset{\displaystyle Na}{\overset{|}{C}}<\!\!\begin{array}{c}C_6H_5 \\ C_6H_5\end{array}$$

Ainsi le tétraphényléthylène qui n'est pas capable de fixer le brome, se comporte normalement vis-à-vis du sodium. Cela montre jusqu'à l'évidence qu'il faut chercher la cause de l'inactivité de cet hydro-carbure vis-à-vis du brome, dans son caractère fortement électronégatif, lequel est dû à la présence des quatre groupes phényliques ; car si le brome, qui est électronégatif, ne réagit pas sur la double liaison, alors que le sodium qui est un élément électropositif réagit, ce fait doit être en corrélation avec le caractère électrochimique de la molécule.

Cet exemple exclut la possibilité d'expliquer le manque de capacité additive de certains composés non saturés à l'aide de la conception de Werner sur la valence. Ce savant combat l'idée que les valences des atomes soient des forces indépendantes concentrées sur quelques points de leur surface[2]. Il admet que l'affinité est une force attractive qui se manifeste sur toute la surface de l'atome, lequel, pour plus de simplicité, est supposé sphérique. Il rejette la tétravalence du carbone. Pour lui, la va-

[1] *Ber. 47,* 477.

[2] *Vierteljahrschr. d. Naturf. Ges. in Zürich, 36,* 129 [1891]; *Ber. 39,* 1278.

lence n'est qu'un nombre empirique destiné à exprimer avec combien d'atomes peut se combiner un atome donné. Ce nombre dépend de la nature des atomes qui s'unissent pour former la molécule. L'affinité totale de l'atome est regardée comme constante, tandis que les fractions de cette affinité qui constituent les forces de liaison (les valences) sont variables et dépendent de la nature des atomes ou groupement d'atomes qu'elles retiennent.

En appliquant cette conception aux composés non saturés qui ne manifestent pas de pouvoir additif, on pourrait admettre que l'affinité des atomes de carbone unis par la double liaison soit complètement satisfaite par les quatre radicaux. Dans ce cas, la formule du tétraphényléthylène devrait s'écrire de la manière suivante :

$$\begin{matrix} C_6H_5 \diagdown & & \diagup C_6H_5 \\ & C-C & \\ C_6H_5 \diagup & & \diagdown C_6H_5 \end{matrix}$$

ce qui exprimerait que les quatre groupes C_6H_5 demandent pour leur fixation autant d'affinité que six groupes CH_3 ou six atomes d'hydrogène.

Cependant, ces conclusions ne sont pas exactes, parce qu'elles exigent qu'un composé incapable de fixer le brome le soit aussi pour tout autre élément. Or nous avons rappelé plus haut que le tétraphényléthylène, qui ne fixe pas le brome, se combine cependant au sodium ; ceci ne serait pas possible, si la double liaison n'existait pas ou, en d'autres termes, si les quatre groupes C_6H_5 avaient saturé autant d'affinité qu'il est nécessaire pour fixer six atomes d'hydrogène.

On doit donc regarder comme établi que l'affinité des atomes de carbone doublement liés est considérablement influencée par le caractère électrochimique des radicaux fixés aux atomes de carbone. Quant à l'influence stéréochimique à laquelle on pourrait attribuer un rôle dans le pouvoir additif de la double liaison, en ce sens que des radicaux volumineux puissent bloquer la double liaison et l'empêcher ainsi de fixer d'autres atomes, les faits connus à ce sujet[1] sont peu nombreux. En outre, ils sont de telle nature qu'ils peuvent être expliqués aussi bien par des

[1] *Ber.* *42*, 4249.

influences électrochimiques que par des facteurs stéréochimiques.

On connaît aussi des composés non saturés ne fixant pas de brome, chez lesquels l'indifférence de la double liaison ne peut être expliquée, ni par une influence électrochimique des radicaux, ni par une action stéréochimique. Ainsi le nitrile-α-phénylcinnamique[1]

$$C_6H_5-CH=C(C_6H_5)(CN)$$

fixe le brome en solution dans le sulfure de carbone. Si un groupe éthoxyle entre dans la position *ortho* par rapport à la chaîne latérale, cela n'entraîne pas un affaiblissement du pouvoir additif, car le *nitrile α-phényl-o-éthoxycinnamique*

$$o\text{-}(OC_2H_5)C_6H_4-CH=C(C_6H_5)(CN)$$

fixe toujours le brome[2]. Mais si l'on introduit le groupe éthoxyle dans la position *para,* le pouvoir additif disparaît ; le *nitrile α-phényl-p-éthoxycinnamique*

$$C_2H_5O-C_6H_4-CH=C(C_6H_5)(CN)$$

ne fixe ni chlore ni brome.

On voit donc que le groupe éthoxyle en position *para* annule le pouvoir additif, tandis qu'il n'a aucune action s'il est en position *ortho.* Ce fait est d'autant plus intéressant que, dans un autre cas, le radical mentionné a une influence toute contraire.

L'éther α-cyanocinnamique

$$C_6H_5-CH=C(COOC_2H_5)(CN)$$

[1] *Ann. 250,* 156.
[2] *Ber. 34,* 3081.

est incapable de fixer le brome[1], tandis que l'éther *p-méthoxy-phényl-α-cyano-acrylique*

$$CH_3O-C_6H_4-CH{=}C\begin{cases}COOC_2H_5\\ CN\end{cases}$$

le fait[2]. On voit que l'introduction d'un groupe alcoxyle en para a pour effet de rendre à la double liaison son pouvoir additionnel ; alors que dans le nitrile α-phénylcinnamique l'introduction du groupe alcoxyle en para par rapport à la double liaison, fait disparaître ce pouvoir. Ces faits démontrent suffisamment qu'on n'est pas encore bien renseigné sur l'influence des différents radicaux ou atomes par rapport aux liaisons multiples et que ce sujet demande encore à être approfondi.

Pour contribuer à la solution de ces problèmes nous avons entrepris des recherches dans différentes directions. Les faits que nous venons de mentionner relativement au pouvoir additif des nitriles α-phénylcinnamiques substitués dans le noyau nous ont conduits à étudier en premier lieu les dérivés de substitution de l'acide cinnamique. Entr'autres, nous avons voulu déterminer l'influence qu'exerce le groupe NO_2, suivant sa position dans le noyau, sur le pouvoir additif de l'acide cinnamique et de l'acide phénylpropiolique. On avait déjà étudié l'action du brome sur les acides ortho-nitrocinnamique et ortho-nitrophénylpropiolique, ainsi que sur les isomères correspondants para-substitués[3]. Mais il restait encore à étudier les isomères de la série méta. C'est dans ce but que le présent travail a été entrepris.

Pour préparer l'acide m-nitro-phénylpropiolique, qui n'était pas connu, il était nécessaire d'obtenir d'abord les acides m-nitro-α-bromocinnamiques qui étaient également inconnus. Les observations que nous avons faites relativement à l'isomérisation et aux propriétés additives de ces acides nous ont conduits à préparer aussi les acides m-nitro-β-bromocinnamiques afin de les comparer aux isomères α-bromés. Chemin faisant, nous avons étendu nos observations aux dérivés halogénés du m-nitro-sty-

[1] *J. pr. Chem.*, *45*, 504.
[2] *J. pr. Chem.*, *50*, 1.
[3] Beilstein, II, 1414 ; *Ann. 212*, 157.

rolène, lesquels étaient faciles à obtenir à partir des acides mentionnés. De sorte que le but que nous nous étions proposé au début de nos recherches a été par la suite considérablement élargi et dépassé.

CHAPITRE I

Bromuration de l'acide *m*-nitrocinnamique.

La bromuration des acides ortho- et paranitrocinnamiques a déjà été effectuée. Il a été constaté que ces acides fixent difficilement le brome. Il restait à voir comment se comporterait l'acide m-nitrocinnamique. Nous avons trouvé qu'il fixe facilement le brome ; il ressemble donc sous ce rapport à l'acide cinnamique non nitré. Cependant, il n'en faut pas conclure que le groupe nitro en *méta* n'a aucune influence sur la double liaison. Nous verrons plus loin que, même dans cette position, il diminue le pouvoir additionnel de la double liaison, quoique dans une mesure beaucoup plus faible que lorsqu'il se trouve en *ortho* ou *para*. Seulement les conditions employées pour la bromuration de l'acide m-nitrocinnamique n'ont pas permis de constater une différence dans la facilité de fixation du brome entre cet acide et l'acide cinnamique.

Préparation de l'acide m-nitrocinnamique

$$NO_2C_6H_4CH = CHCOOH \ .$$

L'acide m-nitrocinnamique qui constitue le produit de départ pour nos recherches a été préparé, pour la première fois, par Schiff[1] et ensuite par Tiemann[2]. Nous avons suivi les indications de ce dernier en modifiant toutefois quelques détails.

On chauffe à 160-170° pendant 6 heures un mélange de 10 parties d'aldéhyde m-nitrocinnamique, 14 p. d'anhydride acétique et 6 p. d'acétate de sodium anhydre et on verse ensuite le produit de la réaction dans l'eau. Il se dépose une masse floconneuse que l'on essore à la trompe et que l'on lave à l'eau. Pour la purifier, on traite la masse à chaud par le carbonate de sodium à 5 %. Il reste un peu d'une substance huileuse qui ne se dissout pas. On filtre et on acidifie par l'acide chlorhydrique. L'acide m-

[1] *Ber. 11,* 1782.
[2] *Ber. 13,* 2060.

nitrocinnamique se dépose sous la forme d'une masse blanche volumineuse ayant le point de fusion 196-197°.

Acide m-nitrophényl-α, β-dibromopropionique

$NO_2C_6H_4CHBrCHBrCOOH$.

On obtient cet acide par fixation de deux atomes de brome à l'acide m-nitrocinnamique. Dans ce but, on fait réagir sous une cloche des vapeurs de brome sur l'acide étendu en couche mince. Cette manière d'opérer convient bien pour la bromuration de petites quantités de substance, mais lorsqu'il s'agit de grandes quantités, le mieux est d'employer la méthode suivante :

On met 30 p. d'acide cinnamique en suspension dans 50 p. d'acide acétique glacial et on ajoute 25 p. de brome. L'addition se produit rapidement sans dégagement d'acide bromhydrique ; en même temps, le liquide s'échauffe et tout entre en solution. Après quelques heures de repos, le produit dibromé cristallise. On filtre et on ajoute au filtrat de l'eau pour précipiter le reste. Pour purifier, on cristallise dans l'eau bouillante ou dans le toluène.

L'acide *m-nitro-phényl-α, β-dibromopropionique* forme de fines aiguilles blanches et soyeuses, fusibles à 172°. Il est modérément soluble dans l'eau bouillante, facilement dans l'alcool, l'éther, le benzène et l'acide acétique, insoluble dans le sulfure de carbone et la ligroïne. Il se dissout à froid dans le carbonate de sodium. Chauffée au bain-marie cette solution dégage de l'anhydride carbonique et se trouble ; peu après le *m-nitro-bromostyrolène* se dépose sous la forme d'une huile jaunâtre.

Dosage du brome.

Substance : 0,1540 gr. AgBr : 0,1650 gr.

Trouvé	Calculé pour $C_9H_7O_4NBr_2$
Br 45,57 %	45,30 %

Ether méthylique de l'acide m-nitrophényl-dibromopropionique.

On dissout 1 p. d'acide nitrophényl-dibromopropionique dans 10 p. d'alcool méthylique et on fait passer dans cette solution un courant de gaz chlorhydrique sec jusqu'à saturation. On laisse reposer 24 heures, puis on distille l'alcool. Le résidu est dissous dans l'éther, la solution éthérée est agitée avec de l'eau, puis avec une solution diluée de soude pour enlever l'acide non éthérifié et finalement de nouveau avec l'eau. Après dessiccation sur

du sulfate de sodium, on distille l'éther. Le *nitrophényl dibromopropionate de méthyle* reste alors sous la forme d'une huile qui se solidifie après quelques heures de repos. Par cristallisation dans la ligroïne, on obtient de fines aiguilles incolores, groupées en rosettes et fusibles à 88-89°.

Dosage du brome.

Substance : 0,1274 gr. AgBr : 0,1306 gr.

Trouvé	Calculé pour $C_{10}H_9O_4NBr_2$
Br 43,50 %	43,46 %

Pour éviter des répétitions, nous dirons que tous les éthers décrits dans ce travail ont été préparés de la même manière.

CHAPITRE II.

Les quatre isomères de l'acide *m*-nitro-monobromocinnamique.

1. *Préparation et propriétés.*

Si on enlève à l'acide nitro-phényl-dibromopropionique une molécule d'acide bromhydrique au moyen de la potasse alcoolique, on obtient deux acides *m-nitro-monobromocinnamiques*, dont l'un fond à 116° et l'autre à 217°. Par analogie avec des cas semblables, nous admettons que, dans cette réaction, c'est l'atome de brome en β qui se détache de la molécule :

$$NO_2C_6H_4CHBrCHBrCOOH =$$
$$NO_2C_6H_4CH = CBrCOOH + HBr .$$

Les deux acides obtenus, dont celui qui fond le plus haut ne se forme qu'en petite quantité, se trouvent entre eux dans un rapport d'isomérie cis-trans. Cela résulte du fait que l'acide fondant le plus bas se transforme en celui fondant le plus haut, soit par l'action de la lumière, soit par le contact avec le brome. C'est donc le premier qui est la forme labile ; nous le désignerons pour cette raison sous le nom d'acide *nitro-allo-α-bromocinnamique.*

Les deux isomères se comportent différemment vis-à-vis de la potasse alcoolique. Celui qui fond le plus haut, chauffé avec la

quantité théorique de potasse à 10 °/₀. perd de l'acide bromhydrique et fournit l'acide *m-nitrophénylpropiolique :*

$$NO_2C_6H_4CH = CBrCOOH =$$
$$NO_2C_6H_4C \equiv CCOOH + HBr \ .$$

Dans les mêmes conditions, l'isomère fondant le plus bas est à peine attaqué. On réussit cependant à lui enlever de l'acide bromhydrique en employant des moyens plus énergiques, soit en prolongeant la durée de l'opération, soit en augmentant la concentration du réactif. Mais, dans ce cas, le départ d'acide bromhydrique est accompagné d'une réduction du groupe NO_2 et le corps résultant n'est pas l'acide nitrophénylpropiolique.

Par fixation d'une molécule d'acide bromhydrique sur l'acide nitrophénylpropiolique, on obtient un troisième acide nitromonobromocinnamique. Dans celui-ci, le brome se trouve en β :

$$NO_2C_6H_4CBr : CHCOOH \ .$$

Cet acide, qui fond à 184°, se transforme par l'action de la lumière en un stéréoisomère fondant à 132°. Ici c'est donc l'acide fondant le plus haut qui est la modification labile (allo).

Les relations génétiques entre les acides mentionnés sont illustrées par les schémas suivants :

$$NO_2C_6H_4CHBrCHBrCOOH \xrightarrow[-HBr]{} \underset{116^\circ}{NO_2C_6H_4CH = CBrCOOH}$$

$$\underset{116^\circ}{NO_2C_6H_4CH = CBrCOOH} \xrightarrow[\text{action de la lumière ou contact avec Br}]{} \underset{217^\circ}{NO_2C_6H_4CH = CBrCOOH}$$

$$\underset{217^\circ}{NO_2C_6H_4CH = CBrCOOH} \xrightarrow[-HBr]{} NO_2C_6H_4C \equiv CCOOH$$

$$NO_2C_6H_4C \equiv CCOOH \xrightarrow[+HBr]{} \underset{184^\circ}{NO_2C_6H_4CBr = CHCOOH}$$

$$\underset{184^\circ}{NO_2C_6H_4CBr = CHCOOH} \xrightarrow[\text{action de la lumière}]{} \underset{132^\circ}{NO_2C_6H_4CBr = CHCOOH}$$

Pour des raisons que nous exposerons plus loin, nous attribuons aux quatre acides m-nitromonobromocinnamiques isomères les configurations suivantes :

```
NO₂ . C₆H₄—C—H            NO₂ . C₆H₄—C—H
           ||                         ||
   HOOC—C—Br                     Br—C—COOH
     116°                          217°

NO₂ . C₆H₄—C—Br           NO₂ . C₆H₄—C—Br
           ||                         ||
   HOOC—C—H                       H—C—COOH
     184°                          132°
```

Acide m-nitro-allo-α-bromocinnamique

```
NO₂ . C₆H₄—C—H
           ||
   HOOC—C—Br
      116°
```

On dissout l'acide m-nitrophényl-dibromopropionique dans très peu d'alcool, on ajoute une solution de potasse alcoolique à 10 % et on chauffe pendant 2 heures au bain-marie. Ensuite on distille l'alcool. Le résidu, qui est formé de bromure de potassium et des sels potassiques des acides nitrobromocinnamiques, est dissous dans l'eau, puis cette solution est filtrée pour la débarrasser d'un peu de nitro-bromostyrolène. Les acides sont précipités alors par fractions au moyen d'acide chlorhydrique dilué. L'acide fondant à 217° se dépose d'abord, puis un mélange de celui-ci avec l'acide fondant à 116° et enfin ce dernier à l'état pur.

Pour séparer les deux isomères, il est cependant préférable de procéder comme suit : la solution aqueuse des sels de potasse est additionnée d'un excès d'acide chlorhydrique, le précipité est séparé par filtration, puis il est séché et dissous à chaud dans la quantité la plus petite possible de benzène. Des cristaux se déposent par refroidissement, on les purifie par cristallisation dans le benzène. On obtient alors l'acide m-nitro-α-bromocinnamique pur, fondant à 217°.

Le filtrat est distillé et le résidu, qui est formé par l'acide nitrobromocinnamique du point de fusion 116°, est purifié par cristallisation dans l'eau bouillante. La solution saturée à chaud contient environ 10 gr d'acide par litre. La plus grande partie de l'acide se dépose par refroidissement sous la forme de petites aiguilles, mais une petite quantité (environ 2,2 gr par litre) reste en solution, même à la température ordinaire. On la retire en

ajoutant au filtrat un peu d'acide sulfurique dilué. L'acide se précipite instantanément sous la forme de longues aiguilles.

Les cristaux obtenus de cette manière contiennent une molécule d'eau de cristallisation. Leur point de fusion est situé à 82-83°. Dans le vide sur l'acide sulfurique concentré, ils se désagrègent; en même temps, leur poids diminue et leur point de fusion s'élève à 116°.

1,9580 gr de substance ont perdu par dessiccation 0,1188 gr

Trouvé	Calculé pour $C_9H_6O_4NB_2 + H_2O$
H_2O 6,07 %	6,2 %

Dosage du brome

Substance : 0,1102 gr AgBr : 0,0753 gr

Trouvé	Calculé pour $C_9H_6O_4NBr$
Br 29,17 %	29,41 %

L'acide m-nitro-allo-α-bromocinnamique est facilement soluble dans l'alcool, l'éther, le benzène, le chloroforme et l'acide acétique, et très difficilement soluble dans la ligroïne. Chauffé avec de l'eau à 140° dans un tube scellé, il ne subit pas d'isomérisation. Chauffé avec un excès de potasse alcoolique, il perd de l'acide bromhydrique et, à la suite d'une réduction simultanée du groupe NO_2, il se produit un doublement de molécule et formation de *l'acide m-azoxyphénylpropiolique*[1]

C_6H_4—CH = CBr . COOH
|
NO_2
=
NO_2
|
C_6H_4—CH = CBr . COOH

C_6H_4—C ≡ C . COOH
|
O=N
||
N
|
C_6H_4—C ≡ C . COOH
+ 2HBr + 3O

Par l'action de la lumière ou sous l'influence catalytique de plusieurs substances, il se transforme en la modification stable (217°). En particulier, cette transformation se produit facilement en solution chloroformique par le contact avec le brome; tandis qu'exposé à l'état solide à l'action des vapeurs de brome, il en fixe deux atomes.

[1] *Bl. Soc. chim. de France*, *19*, 146 [1916].

Ether méthylique de l'acide m-nitro-allo-α-bromocinnamique.

Ce composé forme, après cristallisation dans la ligroïne, de petites aiguilles incolores, fusibles à 70°. Exposé en solution à l'action des rayons solaires il se transforme en l'éther de l'acide stable. Vis-à-vis du brome, il se comporte comme l'acide : exposé à l'état solide à l'action de ses vapeurs, il fixe deux atomes, tandis qu'en solution chloroformique il subit une isomérisation. Nous avons dissout une certaine quantité d'éther dans du chloroforme et ajouté quelques gouttes de brome. Après deux jours de repos, le chloroforme et le brome furent chassés par distillation. Il resta l'éther de la modification stable.

Acide m-nitro-α-bromocinnamique

$$\begin{array}{l} NO_2 \,.\, C_6H_4—C—H \\ \qquad\qquad\quad \| \\ \qquad\quad Br—C—COOH \end{array}$$

217°

Nous avons dit que cet acide se forme en même temps que son stéréoisomère, par élimination d'acide bromhydrique à l'acide nitrophényl-dibromopropionique, et nous avons indiqué la manière de les séparer. L'acide stable (217°) ne représente que 10 °/₀ du mélange. Mais on peut l'obtenir facilement en grande quantité par isomérisation de l'acide labile à l'aide de la lumière ou par contact avec le brome. Sur l'isomérisation par la lumière nous reviendrons plus loin. Quant à la transformation par le brome, elle s'opère de la manière suivante : on dissout l'acide nitro-allo-bromocinnamique (116°) dans le chloroforme et on ajoute quelques gouttes de brome. La transformation a lieu presque instantanément et l'acide nitrobromocinnamique (217°) se dépose aussitôt. On chasse alors le chloroforme par distillation au bain-marie. L'acide stable reste à l'état pur, la transformation étant quantitative. On peut encore opérer l'isomérisation en sublimant l'acide labile sous pression réduite.

L'acide nitro-α-bromocinnamique se laisse purifier aisément par cristallisation dans l'alcool et l'eau. Si à une solution alcoolique chaude, contenant environ 15 °/₀ d'acide, on ajoute la moitié de son volume d'eau, elle abandonne, par refroidissement, des

aiguilles incolores fondant à 217°. En ajoutant au filtrat un excès d'eau, on obtient une nouvelle quantité de produit moins pur.

L'acide m-nitro-α-bromocinnamique est plus difficilement soluble que son stéréoisomère. Il est soluble dans l'alcool, l'acide acétique et l'acétone, il est peu soluble dans l'éther et l'alcool méthylique, et insoluble dans le chloroforme, le sulfure de carbone et la ligroïne. L'eau et le benzène chaud n'en dissolvent que peu.

Analyse.

Substance : 0,2160 gr CO_2 : 0,3140 gr H_2O : 0,0484 gr
Substance : 0,1825 gr AgBr : 0.1244 gr

Trouvé	Calculé pour $C_9H_6O_4NBr$
C 39,65 %	39,70 %
H 2,51 %	2,22 %
Br 29,01 %	29,39 %

Malgré la présence de la double liaison dans la chaîne latérale de sa molécule, l'acide m-nitro-α-monobromocinnamique n'est pas susceptible de fixer le brome. Les expériences suivantes nous en donneront la raison.

A la solution acétique de 1 gr d'acide nous avons ajouté 2 cc de brome. La solution abandonnée à elle-même pendant 15 heures, puis chauffée pendant 4 heures au bain-marie, laisse déposer, par addition d'eau, de l'acide non transformé fondant à 217°.

Nous avons exposé une quantité pesée d'acide à l'action des vapeurs de brome. Après quatre jours d'exposition, aucun accroissement de poids n'a été observé.

Conformément aux vues exposées dans l'introduction au sujet du rôle que jouent les groupements électronégatifs sur la capacité additive de la double liaison, il était à prévoir que si l'acide nitro-bromocinnamique stable était inerte envers le brome, par contre les sels et les éthers devraient se montrer capables de fixer cet élément, puisque le caractère négatif du carboxyle est diminué par l'éthérification ou la salification. En effet, le sel sodique et l'éther méthylique se combinent facilement au brome.

Ether méthylique de l'acide m-nitro-α-bromocinnamique.

On obtient cet éther par l'éthérification de l'acide au moyen d'alcool méthylique et d'acide chlorhydrique. On peut le prépa-

rer par isomérisation de l'éther nitro-allo-bromocinnamique. Il forme, après cristallisation dans la ligroïne, des aiguilles blanches fondant à 104°. Il est facilement soluble dans tous les dissolvants organiques usuels. Exposé aux vapeurs du brome, il en fixe deux atomes[1].

Sel de sodium de l'acide m-nitro-α-bromocinnamique.

On dissout à chaud l'acide nitro-bromocinnamique dans la quantité théorique de soude caustique. Par refroidissement, le sel cristallise. Il renferme 2 $^1/_2$ molécules d'eau de cristallisation.

Analyse

0,8629 gr de sel ont perdu 0,1187 gr par dessiccation. 0,2006 gr de sel anhydre ont donné 0,0462 gr de sulfate de sodium.

	Trouvé	Calculé
Na	7,45 %	7,82 % (pour $C_9H_5O_4NBrNa$)
H_2O	13,75 %	13,28 % (pour $C_9H_5O_4NBrNa + 2\,^1/_2\,H_2O$)

Le sel anhydre, finement pulvérisé, a été exposé pendant 24 heures à l'action des vapeurs de brome. L'accroissement de poids correspond à deux atomes de brome. Le produit ainsi bromé a été dissous dans l'eau, la solution acidifiée, puis épuisée à l'éther. Après évaporation de celui-ci, il reste une masse blanche un peu visqueuse. Celle-ci se transforma par cristallisation dans un mélange de benzène et de ligroïne, en cristaux incolores ayant toutes les propriétés de l'*acide nitrophényl-α, α, β-tribromopropionique* qui sera décrit plus tard.

Le résultat de l'action du brome sur le nitro-bromocinnamate de sodium est différent lorsqu'on opère en solution. Si l'on ajoute 1 mol. de brome à la solution aqueuse d'une molécule de sel, l'acide nitro-bromocinnamique se précipite, et dans la solution on peut déceler la présence d'hypobromite. Le brome réagit, dans ce cas, selon l'équation suivante :

$$2NO_2C_6H_4CH = CBrCOONa + Br_2 + H_2O = NaOBr + NaBr$$
$$+ 2NO_2C_6H_4CH = CBr \,.\, COOH \,.$$

[1] Cet éther est inodore. L'indication dans notre note préliminaire qu'il possédait une odeur repose sur une erreur.

Acide m-nitro-allo-β-bromocinnamique

$$\begin{array}{c} NO_2 \,.\, C_6H_4-C-Br \\ \qquad\qquad\quad \| \\ \qquad HOOC-C-H \end{array}$$

184°

La fixation de l'acide bromhydrique à l'acide m-nitrophényl-propiolique peut être effectuée de deux manières différentes :

1. On dissout 7 gr d'acide phénylpropiolique dans de l'eau bouillante et on verse cette solution dans un excès (300 cc) d'acide bromhydrique concentré, chauffé au préalable. La réaction a lieu instantanément et au sein du liquide se déposent en grande quantité des aiguilles d'acide m-nitro-β-monobromocinnamique. On chauffe encore un certain temps au bain-marie, puis on laisse la solution se refroidir, on filtre et fait cristalliser le produit dans l'eau.

Ou bien : 2. On dissout l'acide nitrophénylpropiolique dans l'acide acétique, on ajoute un excès d'acide bromhydrique concentré (5 gr de celui-ci pour 1 gr du premier) et on laisse reposer. Peu à peu le produit d'addition se dépose. Après 48 heures on étend d'eau et on filtre. Par cristallisation dans l'eau bouillante, on obtient des aiguilles incolores fondant à 184°.

Dosage du brome

Substance : 0,1504 gr	AgBr : 0,1026 gr
Trouvé	Calculé pour $C_9H_6O_4NBr$
Br 29,04 %	29,39 %

L'acide m-nitro-allo-β-bromocinnamique est facilement soluble dans l'alcool, l'éther et l'acide acétique, assez soluble à chaud dans l'eau, le benzène et le chloroforme et peu soluble dans la ligroïne. Il perd facilement de l'acide bromhydrique par l'action de la potasse alcoolique ; traité par deux molécules de ce réactif au bain-marie pendant une demi-heure, il est complètement transformé en acide nitrophénylpropiolique. Laissé en solution chloroformique en contact avec le brome pendant 24 heures, il reste inattaqué, tandis qu'exposé pendant une même durée à l'état solide à l'action des vapeurs de brome, il est transformé en acide nitro-phényl-α, β, β-tribromopropionique. La lumière le transforme en son stéréoisomère fusible à 132°.

Ether méthylique de l'acide m-nitro-allo-β-bromocinnamique.

Cet éther est purifié par la cristallisation dans la ligroïne. Il forme des aiguilles blanches soyeuses, fusibles à 100-101°.

Acide m-nitro-β-bromocinnamique

$$\begin{array}{l} NO_2 . C_6H_4-C-Br \\ \qquad\qquad\quad \| \\ \qquad\quad H-C-COOH \end{array}$$

132°

L'acide m-nitro-allo-β-bromocinnamique n'est pas le seul produit résultant de la fixation d'acide bromhydrique à l'acide nitro-phénylpropiolique. Il se forme en même temps, en très petite quantité, un acide fondant à 132° et qui est son stéréoisomère. Pour l'isoler, on met le produit brut en suspension dans l'eau, on ajoute du carbonate de baryum et on chauffe 1 heure au bain-marie. Ensuite on filtre pour éloigner l'excès de carbonate de baryum et on concentre la liqueur au bain-marie. Quand des cristaux commencent à apparaître, on laisse refroidir. Un dépôt abondant se produit, qui est formé en presque totalité par le sel de baryum de l'acide nitro-allo-β-bromocinnamique. On filtre et on concentre de nouveau. Il se forme alors des cristaux granuleux. C'est le sel de l'acide fondant à 132°. On décante les eaux-mères, on dissout les cristaux dans l'eau et on acidifie. L'acide se dépose en flocons. Par cristallisation dans l'eau bouillante, on l'obtient en aiguilles incolores fusibles à 132°.

Dosage du brome

Substance : 0,1014 gr	AgBr : 0,0695 gr
Trouvé	Calculé pour $C_9H_6O_4NBr$
Br 29,17 %	29,39 %

L'acide m-nitro-β-bromocinnamique (P. F. 132°) est plus facilement soluble que son stéréoisomère (P. F. 184°). On l'obtient facilement en grande quantité à partir de celui-ci par isomération sous l'influence des rayons solaires. Dans ce but, on expose une solution alcoolique de l'acide labile pendant quelques jours aux rayons solaires, puis on distille l'alcool. Par cristallisation du résidu dans l'eau bouillante, on obtient l'acide stable (132°) à l'état pur. On n'isole qu'une trace de l'acide labile, ce qui prouve que l'isomérisation est presque quantitative.

L'acide nitro-β-bromocinnamique stable fixe le brome plus facilement que l'acide labile. Celui-ci ne se combine à cet élément qu'exposé à l'état solide à l'action de ses vapeurs, tandis que le premier fixe le brome même en solution chloroformique.

Ether méthylique de l'acide m-nitro-β-bromocinnamique.

On obtient ce corps, après cristallisation dans l'éther de pétrole, sous la forme de cristaux granuleux, fusibles à 75-76°.

Réduction des acides m-nitro-α-bromocinnamiques.

Par réduction du groupe NO_2 en NH_2 et par élimination subséquente de celui-ci, on devait obtenir les acides α-bromocinnamiques. La configuration de ceux-ci étant connue, on en aurait déduit celle des acides nitro-bromocinnamiques. Mais nous n'avons pas pu atteindre ce but, parce que la réduction du groupe NO_2 ne conduit pas à l'acide aminé cherché. Voici les résultats de ces expériences :

Nous avons mis en suspension dans l'eau 5 gr d'acide nitro-allo-α-bromocinnamique (P. F. 116°) et nous avons ajouté une solution d'hydrate de baryum jusqu'à la dissolution de l'acide. Nous avons ensuite ajouté la quantité théorique (6 mol) de sulfate ferreux dissous dans le moins d'eau possible, et enfin une solution d'hydrate de baryum jusqu'à réaction faiblement alcaline. Le mélange fut alors chauffé pendant 3 heures au bain-marie, puis l'hydrate ferrique éloigné par filtration. Après avoir saturé la liqueur par l'anhydride carbonique et filtré, nous avons concentré la solution au bain-marie jusqu'au volume de 125 cc. En ajoutant alors de l'acide acétique, nous avons vu de très jolies aiguilles apparaître dans la solution, et peu après le liquide en fut rempli. Le produit fut essoré à la trompe, puis recristallisé deux fois dans l'eau bouillante. On obtient ainsi des aiguilles légèrement brunâtres, fusibles à 206° en se décomposant. Ce produit renferme du brome, mais le résultat analytique ne correspond pas à la formule : $H_2N . C_6H_4CH = CBrCOOH$. 15 gr d'acide nitrobromocinnamique ont donné 4,8 gr de ce produit pur. Nous nous en réservons l'étude.

Acide m-amino-phénylpropiolique

$$H_2NC_6H_4C \equiv CCOOH \ .$$

Dans la supposition que l'acide nitro-bromocinnamique stable (217°) donnerait à la réduction un meilleur résultat que son stéréoisomère, nous avons soumis le premier à l'action du sulfate ferreux et de l'hydrate de baryum de la manière qui vient d'être indiquée. Nous avons obtenu un corps qui, après cristallisation dans l'alcool dilué, se présentait en belles aiguilles fusibles à 183°. Cette substance était exempte de brome. Nous avons

supposé qu'il pouvait s'agir de l'acide aminophénylpropiolique, formé par réduction du groupe NO_2 et par perte simultanée d'acide bromhydrique sous l'influence de l'alcali. L'expérience suivante a confirmé notre supposition.

Nous avons soumis le produit à la diazotation en solution sulfurique diluée et nous avons ajouté à la solution diazoïque une solution d'hypophosphite de sodium, préalablement acidifiée par l'acide sulfurique. Un vif dégagement gazeux s'est produit. Après quelques heures de repos, la solution fut épuisée par l'éther. Celui-ci abandonna, après évaporation, des cristaux qui furent purifiés par cristallisation dans l'eau bouillante. Les aiguilles ainsi obtenues fondaient à 135°. C'est le point de fusion de l'acide phénylpropiolique. L'identité a été en outre établie par le point de fusion du mélange.

La formation de l'acide phénylpropiolique par l'élimination du groupe NH_2

$$H_2NC_6H_4C \equiv CCOOH \longrightarrow C_6H_5C \equiv CCOOH$$

démontre que le produit de réduction de l'acide m-nitro-α-bromocinnamique stable est bien l'acide amino-phénylpropiolique.

2. *Sur la configuration des acides m-nitro-monobromo-cinnamiques.*

Ces quatre acides ont une très grande analogie avec les quatre acides monobromocinnamiques représentés par les formules suivantes :

$$\begin{array}{c} C_6H_5—C—H \\ \| \\ HOOC—C—Br \\ 120° \end{array} \qquad \begin{array}{c} C_6H_5—C—H \\ \| \\ Br—C—COOH \\ 131° \end{array}$$

$$\begin{array}{c} C_6H_5—C—Br \\ \| \\ HOOC—C—H \\ 160° \end{array} \qquad \begin{array}{c} C_6H_5—C—Br \\ \| \\ H—C—COOH \\ 134° \end{array}$$

La découverte et l'étude de ces acides sont dues principalement à Glaser[1], Michael[2], Erlenmeyer[3] et Liebermann[4]. Leur configuration résulte de la transformation en acides allo- et -iso-cinnamiques que deux d'entre eux subissent par réduction. Des deux acides α-bromocinnamiques c'est celui fondant le plus bas

[1] *Ann., 143,* 330. [2] *Ber. 20,* 550. [3] *Ann., 287,* 1. [4] *Ber. 23,* 152.

(120°) qui, par traitement avec la poudre de zinc, donne l'acide allocinnamique, tandis que chez les acides β-halogénés c'est la modification fondant le plus haut (160°) qui se convertit par ce moyen en acide allo-cinnamique.

$$\begin{array}{c} C_6H_5-C-H \\ \| \\ HOOC-C-Br \\ 120^\circ \end{array} \searrow \qquad \begin{array}{c} C_6H_5-C-H \\ \| \\ HOOC-C-H \end{array}$$

$$\begin{array}{c} C_6H_5-C-Br \\ \| \\ HOOC-C-H \\ 160^\circ \end{array} \nearrow$$

En particulier les configurations adoptées pour le couple des acides α-halogénés trouvent une confirmation dans le fait que seule la modification fondant le plus bas subit, sous l'influence de l'acide sulfurique, une perte d'eau et une polymérisation qui la transforment en bromotruxone[1] :

$$2\ \begin{array}{c} C_6H_5-C-H \\ \| \\ HOOC-C-Br \end{array} = \begin{array}{c} C_6H_4-CH-CBr-CO \\ |\qquad\ |\qquad\ |\qquad\ | \\ CO-CBr-CH-C_6H_5 \end{array} + 2H_2O\ .$$

En ce qui concerne les formules de configuration que nous attribuons aux acides m-nitro-bromocinnamiques, nous les basons sur l'analogie très grande qu'ils offrent avec les acides bromocinnamiques non nitrés. Ainsi, chez les deux couples d'acides α-halogénés, la modification labile fond plus bas, est plus soluble, perd plus difficilement de l'acide bromhydrique et se forme en plus grande quantité à partir de l'acide dibromé que la modification stable ; chez les deux couples des acides β-halogénés, c'est la modification stable qui fond le plus bas et possède une solubilité plus grande que la modification labile. Cette analogie dans les propriétés autorise à admettre une analogie dans les configurations. Par conséquent :

$$\begin{array}{c} NO_2C_6H_4-C-H \\ \| \\ HOOC-C-Br \\ 116^\circ \end{array} \quad \text{correspond à} \quad \begin{array}{c} C_6H_5-C-H \\ \| \\ HOOC-C-Br \\ 120^\circ \end{array}$$

[1] *Ber.* 32, 2475.

$$\begin{array}{c} NO_2C_6H_4-C-H \\ \| \\ Br-C-COOH \\ 217^\circ \end{array} \quad \text{correspond à} \quad \begin{array}{c} C_6H_5-C-H \\ \| \\ Br-C-COOH \\ 131^\circ \end{array}$$

$$\begin{array}{c} NO_2C_6H_4-C-Br \\ \| \\ HOOC-C-H \\ 184^\circ \end{array} \quad \text{»} \quad \begin{array}{c} C_6H_5-C-Br \\ \| \\ HOOC-C-H \\ 160^\circ \end{array}$$

$$\begin{array}{c} NO_2C_6H_4-C-Br \\ \| \\ H-C-COOH \\ 132^\circ \end{array} \quad \text{»} \quad \begin{array}{c} C_6H_5-C-Br \\ \| \\ H-C-COOH \\ 134^\circ \end{array}$$

L'analogie très grande que l'on constate entre ces deux séries de composés (nitrés et non nitrés) cesse cependant en un point : celui qui a trait à l'action de l'acide sulfurique sur les acides allo-α-halogénés. Nous avons mentionné plus haut que l'acide allo-α-bromocinnamique (120°) subit très facilement, sous l'action de l'acide sulfurique concentré, à froid et en quelques instants, une transformation en bromotruxone. Cette propriété ne se retrouve pas chez l'acide nitré correspondant (116°). Celui-ci peut rester longtemps à froid en solution sulfurique, sans subir de transformation en truxone; l'eau précipite l'acide non transformé. Si l'on chauffe cette solution sulfurique, l'acide s'isomérise, et donne la modification stable (217°). Cette incapacité de l'acide nitro-allo-α-bromocinnamique à subir la condensation truxonique ne peut pas être attribuée au fait que, grâce à l'isomérisation, l'acide serait protégé contre la condensation truxonique, puisque, même à chaud, l'isomérisation ne se produit que très lentement et qu'à froid, elle n'a pas lieu. Ainsi donc, l'entrée dans l'acide allo-α-bromocinnamique d'un groupe NO_2 en méta a pour effet l'abolition de la capacité de l'acide à subir la condensation truxonique. Il serait intéressant d'examiner sous ce rapport l'acide p-nitro-allo-α-bromocinnamique et l'isomère correspondant o-nitré ; ce dernier n'est d'ailleurs pas encore connu.

3. *Sur les propriétés additives des acides m-nitro-monobromo-cinnamiques.*

Si l'on compare les acides nitrobromocinnamiques aux acides correspondants non nitrés, on constate une diminution de l'affi-

nité de la double liaison pour le brome par l'entrée du groupe NO_2 en méta. Cela ressort particulièrement de la comparaison de l'acide α-bromocinnamique (131°) avec l'acide nitré de la même configuration (217°). Le premier fixe le brome lorsqu'il est exposé à l'état solide à l'action de ses vapeurs, le second n'en est pas capable.

Les quatre acides nitro-bromocinnamiques diffèrent entre eux par leur affinité pour le brome. Ainsi nous venons de dire que l'acide fusible à 217° est complètement inerte vis-à-vis du brome. Son stéréoisomère (116°) se combine à cet élément lorsqu'il est exposé à l'action de ses vapeurs. Mais le dérivé bromé, chauffé à quelques degrés au-dessus de son point de fusion, perd les deux atomes de brome. Les acides β-halogénés fixent tous deux le brome, et les dérivés bromés sont stables. Mais celui qui fond à 186° ne fixe le brome qu'à l'état de vapeurs, tandis que son stéréoisomère (132°) s'y combine, même en solution chloroformique.

Ces différences sont mieux illustrées par le tableau suivant, dans lequel on peut constater une augmentation graduelle de l'affinité pour le brome à mesure que l'on descend dans la série verticale :

$NO_2C_6H_4—C—H$ ‖ $Br—C—COOH$ 217°	Ne fixe le brome ni en solution, ni à l'état solide.
$NO_2C_6H_4—C—H$ ‖ $HOOC—C—Br$ 116°	Fixe le brome lorsqu'il est exposé à ses vapeurs, mais le perd un peu au dessus de son point de fusion.
$NO_2C_6H_4—C—Br$ ‖ $HOOC—C—H$ 184°	Fixe le brome lorsqu'il est exposé à ses vapeurs, le produit bromé est stable.
$NO_2C_6H_4—C—Br$ ‖ $H—C—COOH$ 132°	Fixe le brome, même en solution chloroformique.

De cette comparaison résulte la constatation intéressante que voici : on sait que chez les isomères cis-trans, la modification

labile et fondant le plus bas possède une plus grande chaleur de combustion que la modification stable et fondant le plus haut[1]. Conformément à cela, la double liaison de la modification labile montre plus d'affinité que celle de la modification stable[2]. On comprend alors pourquoi l'acide m-nitro-allo-α-bromocinnamique a une plus grande capacité additive pour le brome que son stéréoisomère.

Les acides m-nitro-β-bromocinnamiques, ainsi que les acides correspondants non nitrés, sont des exemples des rares exceptions où la modification labile fond plus haut que la modification stable. En outre, la modification stable (acide 132°) se combine au brome plus facilement que la modification labile (184°). Donc la double liaison de cette dernière possède moins d'affinité que celle de la première; d'où il résulterait ce fait curieux que la modification stable possède plus d'énergie que la modification labile. Pour cette raison il serait intéressant de faire l'étude thermochimique de ce couple d'acides.

4. *Sur l'isomérisation de l'acide m-nitro-allo-α-bromocinnamique.*

Nous avons dit que cet acide se transforme en son stéréoisomère (217°) sous l'influence de la lumière. Le même agent convertit l'acide nitro-allo-β-bromocinnamique (184°) en son stéréoisomère (132°). Nous nous sommes particulièrement attachés à l'étude de l'isomérisation de l'acide α-bromé. Nous diviserons nos expériences en trois groupes, suivant les moyens employés pour effectuer l'isomérisation. Ce sont: *a.* la lumière, *b.* la chaleur, *c.* les agents chimiques.

a. Isomérisation par la lumière.

On expose une solution benzénique à 5 °/₀ de l'acide nitro-allo-α-bromocinnamique à l'action de la lumière solaire. Un précipité cristallin de l'acide fondant à 217° ne tarde pas à se former. Après trois jours, on filtre et on soumet les eaux-mères à la même série d'opérations. La quantité d'acide obtenue après

[1] *Ber. 46,* 260.
[2] *J. pr. Chem., 90,* 177 [1914].

chaque filtration diminue et, en même temps, le produit devient de moins en moins pur. Il est probable qu'à côté de l'isomérisation il se produit encore quelque réaction secondaire.

Pour donner une idée de la facilité de cette isomérisation, nous citerons l'expérience suivante: 0,456 gr d'acide fondant à 116°, dissous dans 15 cc de benzène, sont exposés dans une éprouvette à l'action directe des rayons solaires. Après 10 minutes, le précipité commence à se former et après 3 $^1/_2$ heures le contenu de l'éprouvette est transformé en une masse semi-solide. On interrompt l'exposition et, pour dissoudre les petites quantités d'acide non transformé qu'aurait pu entraîner le précipité, on chauffe l'éprouvette pendant quelques minutes au bain-marie. Puis on laisse refroidir et on filtre. Il reste sur le filtre 0,186 gr d'acide transformé fusible à 215-217°; les eaux-mères, évaporées dans le vide, laissent 0,248 gr d'un résidu fondant entre 113° et 123°.

Dans une autre expérience, nous avons remplacé le benzène par l'acide acétique glacial. La transformation a encore lieu, sans qu'il se forme d'ailleurs de précipité quelconque. D'une solution de 0,5 gr de l'acide fondant à 116° dans 20 cc d'acide acétique nous avons pu retirer après trois jours d'exposition, 0,3 gr d'acide transformé.

L'isomérisation par la lumière n'est jamais complète, même après une exposition prolongée; ce n'est qu'après que l'on a isolé le produit de transformation (l'acide fondant à 217°) que l'isomérisation continue. Il s'établit donc un équilibre entre les deux modifications. Nous n'avons cependant pas réussi à opérer la transformation inverse. Il est curieux que, dans la transformation de l'acide nitro-β-allo-bromocinnamique par la lumière, il ne s'établisse pas d'équilibre; en effet, après 4 jours d'exposition de cet acide en solution alcoolique, on obtient, après évaporation du dissolvant, l'acide stable (132°) presque pur.

L'humidité a une action accélérante sur l'isomérisation par la lumière, ainsi que d'ailleurs cela a été constaté dans certaines autres réactions photochimiques, p. ex. dans la formation photochimique de l'acide chlorhydrique à partir de ses éléments.

L'acide nitro-allo-α-bromocinnamique, préalablement séché dans le vide à 100°, est dissous dans du benzène séché sur du

sodium. Cette solution est introduite dans deux éprouvettes. Dans l'une d'elles on ajoute quelques gouttes d'eau. Les deux solutions sont exposées aux rayons solaires. Après environ 15 minutes, des cristaux de l'acide stable apparaissent dans la solution contenant de l'eau, et peu après le liquide en est complètement rempli. Pendant ce temps, la solution sèche reste claire. Ce n'est qu'après 1 $^1/_2$ heure d'exposition que des cristaux commencent à y apparaître.

Dans une autre expérience, une goutte d'eau fut introduite avec précaution dans la solution sèche, de manière à rester adhérente à la paroi de l'éprouvette. Après 10 minutes d'exposition au soleil, des cristaux apparurent à la surface de la goutte d'eau, formant ainsi une jolie rosette à partir de laquelle les cristaux se développèrent ensuite peu à peu dans toute la solution. Pendant ce temps-là, la solution sèche était restée exempte de cristaux.

Il est intéressant d'observer que Paal et Schulze[1], ayant étudié la transformation par la lumière du *dibenzoyléthylène*, $C_6H_5 . CO . CH = CH . CO . C_6H_5$, de la forme trans en forme cis, disent que l'humidité n'a pas d'influence sur cette réaction.

Nous avons constaté en outre qu'à l'état solide, l'acide nitro-allo-α-bromocinnamique peut également subir l'isomérisation par la lumière. Un peu d'acide fut étendu en couche mince sur un verre de montre lequel fut recouvert d'une plaque de verre et exposé aux rayons solaires. Après 4 jours, la substance avait le point de fusion 217°. La transformation était donc complète.

b. Isomérisation par la chaleur.

On introduit l'acide nitro-allo-α-bromocinnamique dans une éprouvette que l'on chauffe ensuite à 180-190° dans un bain d'acide sulfurique. La substance fond d'abord, étant donné que son point de fusion (116°) est considérablement dépassé. Après environ 20-30 minutes, le liquide devient moins fluide, puis pâteux et finalement se solidifie. A ce moment, l'isomérisation est complète et la substance possède alors le point de fusion de 217°.

L'isomérisation se produit également par sublimation de

[1] *Ber. 35,* 168.

l'acide dans le vide. La sublimation est accompagnée d'une décomposition partielle de la substance.

L'acide nitro-allo-bromo-cinnamique est chauffé en présence d'eau dans un tube scellé pendant 4 heures à 170°. Après refroidissement, la substance est retrouvée intacte sous la forme de longs cristaux.

c. Isomérisation par des agents chimiques.

Nous avons déjà signalé avec quelle facilité extraordinaire le brome produit l'isomérisation. Il suffit d'en ajouter quelques gouttes à la solution chloroformique de l'acide labile. Presque aussitôt, une cristallisation abondante de l'isomère stable se produit.

L'isomérisation a aussi lieu par le contact avec le chlore, mais plus lentement, ainsi qu'en témoigne l'expérience suivante : dans une solution chloroformique de l'acide labile, nous avons introduit du chlore jusqu'à refus. Après 3 heures de repos, la solution était encore claire, mais le lendemain elle contenait un dépôt de cristaux de l'acide stable.

Le résultat obtenu avec le chlore et le brome laissait prévoir un effet analogue avec l'iode. Mais, chose curieuse, il n'en est pas ainsi : l'iode ne produit pas l'isomérisation attendue, même dans des conditions favorables à la réaction, comme une température élevée et un contact prolongé. Voici les expériences qui ont été faites à ce sujet : une solution chloroformique de l'acide labile est additionnée d'une solution chloroformique d'iode, puis chauffée pendant une heure au bain-marie. La solution est encore laissée en repos jusqu'au lendemain. Elle ne renferme alors pas de cristaux, ce qui prouve que l'isomérisation n'a pas eu lieu. Pour nous en bien assurer, nous avons distillé le chloroforme et chauffé le résidu au bain-marie afin de volatiliser l'iode. La substance fondait à 116°, comme auparavant.

Dans un autre essai, nous avons laissé reposer deux jours une solution chloroformique de l'acide labile et d'iode. Après avoir chassé le chloroforme et l'iode, le résidu fondait toujours à 116°.

Enfin nous avons fait un essai avec l'éther méthylique de l'acide labile que nous avons laissé pendant 3 jours en solution chloroformique en contact avec l'iode. Ici encore l'isomérisation n'a pas eu lieu.

L'acide sulfurique concentré produit l'isomérisation de l'acide nitro-allo-bromocinnamique, mais il faut pour cela l'aide de la chaleur ; à froid, même par un contact prolongé des deux ingrédients, la transformation ne se produit pas. L'acide labile est dissous dans l'acide sulfurique à froid et cette solution laissée au repos pendant 8 jours. L'eau précipite au bout de ce temps l'acide non transformé.

Une solution sulfurique de l'acide labile est chauffée au bain-marie pendant quatre heures. En ajoutant ensuite l'eau, on précipite l'acide nitrobromocinnamique stable (217°). Par une série d'essais, nous avons établi qu'il faut chauffer au moins deux heures pour que l'isomération soit complète.

Rappelons ici que l'acide allo-α-bromocinnamique se comporte envers l'acide sulfurique autrement que l'acide nitré. Lorsqu'on le dissout à froid dans l'acide sulfurique et qu'on verse peu après cette solution dans l'eau, c'est la bromotruxone qui se dépose.

Quant à l'acide chlorhydrique, il se comporte comme l'acide sulfurique; il ne produit pas l'isomération à froid, mais bien à chaud. Une solution acétique de l'acide labile est additionnée d'acide chlorhydrique fumant, puis chauffée au bain-marie pendant 2 $^1/_2$ heures. L'eau précipite l'acide stable.

Ainsi donc, le brome et le chlore produisent l'isomérisation déjà à froid, les acides sulfurique et chlorhydrique seulement à chaud, tandis que l'iode ne le fait en aucun cas. Ce fait est d'autant plus remarquable que l'iode est par ailleurs un excellent agent d'isomérisation p. ex. pour les éthers de l'acide maléïque.

On constate ainsi que l'isomérisation dont est susceptible un corps non saturé labile ne peut pas être produite par tous les agents isomérisateurs connus. Pour chaque corps non saturé, il n'existe qu'un nombre restreint d'agents capables de provoquer l'isomérisation. Nous avons déjà attiré l'attention sur ce fait[1] en en donnant l'explication théorique. Nous nous contenterons ici de la remarque que le fait en question se trouve en relation intime avec le mécanisme de l'isomérisation et avec la capacité des agents isomérisateurs de former avec les corps soumis à l'isomérisation des combinaisons moléculaires instables.

(A suivre).

[1] *J. pr. Chem., 90,* 177 [1914].

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 7 novembre 1917.

E. Beauverd. Etude floristique comparative de deux marais des environs de Baulmes. — M. Sandoz. L'alexandrite, son bichroïsme et ses imitations. — P. Cruchet. Trois Urédinées. — E. Wilezck. Rénovation du Gentiana lutea.

M. E. Beauverd présente une *Etude floristique comparative de deux marais des environs de Baulmes.*

M. Sandoz. — *L'alexandrite, son bichroïsme et ses imitations.*

M. Sandoz présente à la Société un fort bel exemplaire d'alexandrite prêté obligeamment par M. Jean Mercier.

L'alexandrite est une pierre précieuse assez rare, c'est un aluminate de beryllium corespondant exactement à la formule AlOBe ; c'est donc un chrysoberyl ou cymophane.

Les cristaux des chrysoberyls appartiennent au système rhombique, ils sont larges et de peu d'épaisseur et leur diamètre atteint souvent six centimètres, mais on trouve parfois ces minéraux sous forme de grains très arrondis, transparents ou opalescents.

Les alexandrites proprement dits sont des chrysoberyls couleur vert bouteille à la lumière du jour et grenat ou améthyste à la lumière artificielle, aux rayons d'une bougie, par exemple.

On trouve l'alexandrite principalement dans les mines d'émeraude de Tokawaja en Oural et à l'île de Ceylan.

M. Sandoz fait remarquer que le phénomène de dichroïsme est en réalité beaucoup plus fréquent qu'on ne se l'imagine généralement, ce dont on se rend compte en examinant les spectres d'absorption de matières colorantes en solution...

Le Dr Sandoz a examiné le spectre d'absorption de plusieurs alexandrites et remarque qu'il est superposable à celui des solutions

d'alun de chrome, ce qui n'est point extraordinaire, l'alexandrite étant colorée par des traces d'oxyde de chrome. Les solutions d'alun chromique et les alexandrites laissent passer trois groupes de rayons colorés, les rayons bleus et verts, et les rayons rouges. Dans la lumière du jour riche en rayons bleus et verts une alexandrite paraîtra verdâtre, car la région des rayons vert-bleu passant l'emportera de beaucoup en importance sur la fraction des rayons rouges transmis. A la lumière artificielle, plus riche en rayons rouges qu'en rayons verts et bleus, c'est l'inverse qui se produira et la pierre paraîtra rouge.

Depuis un certain temps on inonde le marché d'alexandrites dites de synthèse, et comme il est possible que des marchands peu scrupuleux abusent de la crédulité d'un acheteur, M. Sandoz a cherché à distinguer la pierre naturelle de la pierre fabriquée. La pierre synthétique est en réalité de l'alumine Al_2O_3 fondue au chalumeau oxhydrique et teintée par l'oxyde de chrome. Son aspect, sa dureté, son spectre d'absorption sont très comparables à ceux de l'alexandrite naturelle.

Cependant M. Sandoz fait remarquer qu'on pourra aisément distinguer les deux espèces de pierres (ce qui n'est plus possible pour le rubis de synthèse et le produit naturel) par des mesures de densité ou d'indices de réfraction. En effet, l'indice de réfraction de Al_2O_3 pour $\lambda = 589$ est $n = 1{,}769$. L'indice de réfraction de BeO pour $\lambda = Na$ est $n = 1{,}719$. L'alexandrite naturelle répondant à la formule Al_2O_3BeO devra avoir un indice de réfraction compris entre celui de BeO et Al_2O_3. Et c'est bien le cas, l'indice moyen des chrysoberyls est égal à 1,7484 pour la raie D.

En terminant, l'auteur fait remarquer qu'on peut éviter les mesures quantitatives que nécessitent les déterminations d'indices de réfraction, et reconnaître qualitativement l'alexandrite naturelle.

En effet, la pierre de synthèse Al_2O_3 n'aura qu'un axe optique comme le rubis. Tandis que le cristal naturel $BeAl_2O_3$ possède deux axes optiques que l'on reconnaîtra facilement à l'aide du microscope analyseur en examinant une section plane du minéral comprise entre deux faces parallèles, en lumière convergente elle offrira les figures d'interférences caractéristiques.

Le secrétaire lit une communication de M. Paul Cruchet concernant *trois Urédinées: Puccinia Scillae-Festucae rubrae* nov. spec., *Puccinia Aarae* (Lagerheim) et *Uredo Festucae Halleri* nov. spec. ad interim.

E. Wilczek. — *La rénovation du Gentiana lutea.*

Donnant suite aux questions soulevées par sa communication du 5 juin, M. Wilczek, accompagné d'un arracheur de gentiane, a exa-

miné en septembre 1917 les touffes de gentiane exploitées en 1916 et en 1917. Les racines laissées dans le sol lors de l'exploitation de 1916 sont restées vivantes ; la blessure provoquée par l'arrachage est entièrement cicatrisée ; aucune des nombreuses racines examinées n'a produit de bourgeons adventifs. Ce résultat est confirmé par des recherches faites en octobre 1917 dans le Jura, par M. M. Moreillon. Les touffes exploitées en 1914 ont repoussé et portent d'une à quatre pousses feuillées ; cette observation a également été faite par MM. M. Moreillon et Aug. Barbey ; l'examen des matériaux de Nant et du Jura montrent que les bourgeons latéraux sont produits exclusivement par le rhizome ; dès lors la question de savoir si les touffes de gentiane exploitées se rénovent par les racines reste en suspens ; elle fera l'objet d'études de M. Wilczek en 1918.

Séance du 21 novembre 1917.

H. Correvon. Les jardins botaniques à la haute montagne. — **E. Gagnebin.** Les Klippes du Gros-Plané. — **J. Amann.** Réactions d'Abderhalden. — **M. Lugeon.** Sidérolithique des hautes Alpes calcaires occidentales.

Henry Correvon. — *Les jardins botaniques à la haute montagne.* Les plantes de montagnes sont caractérisées par une croissance rapide, car la belle saison est courte sur les hauteurs, floraison magnifique, coloris très vif et port spécial. Toutes les plantes de nos montagnes à climat froid se retrouvent un peu partout dans les terres boréales et australes, avec les mêmes caractères à peu près que sur nos Alpes. Le conférencier cite une série de plantes qu'il qualifie d'*internationales*, puisque on les retrouve dans tous les massifs des hautes montagnes, avec seulement quelques petites variations caractéristiques ; la Benoîte, la Violette à deux feuilles, l'Etoile du Glacier (edelweiss), le Lys martagon, fleurissent partout où le climat le leur permet. La *Primula magellanica* couvre les îles vers le Cap Horn. La *Primula andrasace*, que nous admirons sur nos Alpes, a son véritable habitat dans les montagnes de l'Asie centrale. Le Lys martagon, ou *Lilium carniolicum,* et *L. dalmaticum* forme de splendides nappes rouges dans les montagnes du Trentin. La *Campanula excisa* de nos Alpes se retrouve partout dans les montagnes de l'empire austro-hongrois, mais avec un cachet propre et une richesse spéciale.

M. Correvon appelle les *herbiers* des nécropoles de plantes, il dédaigne ces piles de plantes sèches. Les « botanistes en chambre » n'existent plus. Aujourd'hui, on récolte des graines en voyageant, puis on sème et cultive. Par extension de cette méthode, M. Correvon, vient à l'idée de la création de jardins alpins, et il réussit à établir le pre-

mier de ces jardins en 1886 à Bourg-St-Pierre. D'autres créations suivirent ici et là. En 1890, la commune de Bex fonda le jardin de Pont-de-Nant, qui comprend une magnifique collection végétale et est dirigée par M. le prof. Wilczek. La société scientifique valaisanne « la Murithienne » a fait aussi quelques tentatives de culture, avec un grand succès. En 1904, le premier congrès des jardiniers alpins se réunit sous la présidence du prince Roland Bonaparte aux Rochers de Naye, dans le splendide jardin alpestre « la Rambertia ». Mentionnons le beau jardin « du Lautaret » près de Grenoble, les nombreux jardins en Italie. Les premiers jardins allemands datent de 1900. Aujourd'hui, on en connaît plus de quarante en Europe. Le jardin de la « Linnæa » près de Bourg-Saint-Pierre, est une splendeur. Le jardin de Floraire, près de Genève, nouvelle création de M. Correvon, est de toute beauté. Rappelons que le jardin « Linnæa » possède un refuge, installé par M. le prof. R. Chodat, où les étudiants peuvent faire des recherches sur place, comme c'est le cas, d'ailleurs, à Pont-de-Nant. La mode est aux jardins alpins. La biologie remplace de plus en plus la fastidieuse morphologie et l'insipide systématique.

E. Gagnebin. — *Les Klippes du Gros-Plané (Moléson).*

On sait que le massif du Moléson est constitué par un repli synclinal de la nappe des *Préalpes Médianes;* le véritable front de cette nappe a disparu par érosion, mais nous voyons son bord externe reposer partout sur les épaisses masses de Flysch de la *zone bordière.*

Depuis longtemps déjà[1] on connaît, au pied du Moléson, au NE de ce sommet, non loin du chalet du Gros-Plané, des écailles de Malm, émergeant brusquement des marnes et grès du Flysch et semblant ne pas avoir plus de continuité en profondeur qu'elles n'en présentent à la surface du sol. Bien que ces lames soient fichées dans la zone bordière, les calcaires jurassiques dont elles sont formées appartiennent incontestablement aux facies des Préalpes médianes. Ce sont les calcaires compacts ou concrétionnés, d'âge lusitanien, qu'on trouve sur les flancs du Moléson entre les couches grumeleuses rouges et le Malm typique.

Or, dans la klippe située au sud du chalet de la *Joux-derrière,* et tout près de ce chalet, le jurassique préalpin repose sur une série de couches foncées, d'un calcaires grenu schisteux, qui ne sont autres que les *Couches de Wang* des Hautes Alpes.

M. Gagnebin a trouvé l'été dernier le fossile caractéristique de cette

[1] Favre et Schardt. Description géol. des Préalpes du Canton de Vaud, etc. *Matér. Carte géol. de la Suisse,* 22e livr., p. 289.

formation, la serpule aplatie que M. Lugeon a nommée *Jereminella Pfenderae*[1].

Les couches de Wang, d'âge maestrichtien (Crétacé supérieur), ne sont jusqu'ici connues en Suisse que dans la nappe du Wildhorn, qui est la plus haute des nappes helvétiques. Le fait qu'elles se retrouvent au Gros-Plané confirme d'une façon éclatante les raccords depuis longtemps supposés entre la zone des Préalpes bordières et la nappe de la Plaine-Morte, laquelle se rattache directement aux séries du Wildhorn. On imagine moins aisément le mécanisme du mouvement qui a mis en contact, dans cette klippe isolée, ces couches de Wang avec le Lusitanien arraché aux Préalpes médianes.

M. J. Amann parle des *Réactions d'Abderhalden*, exécutées dans son laboratoire pendant l'année 1916-1917.

On sait que cette réaction a pour but de déceler la présence ou l'absence dans le sang des *ferments de défense* qui apparaissent dès que les fonctions d'un organe subissent un trouble pathologique, c'est-à-dire dès que cet organe est malade. Ces ferments ont pour action de faire disparaître, par une véritable digestion, les albumines étrangères au sang à l'état normal, qui proviennent de l'état pathologique des organes, d'où leur nom de *ferments de défense*.

Comme les ferments en général, ils paraissent être spécifiques, c'est-à-dire qu'à chaque albumine spéciale correspond un ferment spécial.

La réaction consiste à mettre en présence le sérum du sang du sujet avec l'albumine spécifique de l'organe ; cerveau, rein, foie, rate, etc., dont on veut contrôler l'état et le fonctionnement. Dans le cas où cet organe est malade, on constate que cette albumine est attaquée par le sang, grâce au ferment de défense que celui-ci contient et il est possible, par des méthodes appropriées, de démontrer la présence des produits de décomposition de cette albumine.

Dans le cas, au contraire, où l'organe en question n'est pas malade, le sang ne contenant pas le ferment spécifique, l'albumine de l'organe n'est pas altérée et le résultat de la réaction est négatif.

M. Amann a été amené par la pratique à introduire quelques modifications de détail à la méthode originale, dont la principale consiste à réduire la quantité de sang nécessaire, de manière que la réaction puisse être faite avec quelques gouttes de sang obtenues par une simple piqûre, ce qui constitue un avantage notable, pour les enfants en bas âge surtout.

Les expériences faites au laboratoire du Dr Amann ont porté sur

[1] Lugeon, M. Sur l'inexistence de la nappe du Augsmatthorn. *Proc. verb. Soc. vaud. Sc. nat.*, 5 juillet 1916. *Bulletin,* vol. 51.

les troubles fonctionnels de la glande thyroïde, du pancréas, du foie, de la rate, du rein, des capsules surrénales, du cerveau (maladies mentales), etc., etc.

La réaction d'Abderhalden a permis, dans un certain nombre de cas, de déterminer exactement la cause de symptômes pathologiques (migraines chroniques tenaces, troubles nerveux divers, affaiblissement général, dépérissement, etc., etc.). Elle a donné des résultats très intéressants pour le diagnostic précoce de l'infection tuberculeuse des ganglions lympathiques, chez les jeunes gens surtout.

Mais c'est principalement dans les cas de tumeurs diverses que cette réaction peut être utile pour renseigner sur la nature exacte de la tumeur, dès que celle-ci commence à se former. Les expériences publiées, qui se chiffrent déjà par milliers, démontrent que cette nouvelle méthode de diagnostic sérologique est susceptible de rendre au médecin des services signalés en ce qu'elle permet de fixer le diagnostic de beaucoup d'états maladifs dont il est souvent très difficile de déterminer la nature exacte, par les moyens d'examen clinique ordinaires.

Maurice LUGEON. — *Sur le Sidérolithique des hautes Alpes calcaires occidentales.*

Dans les Alpes vaudoises, la série éocène débute en plusieurs points par un niveau sidérolithique qui fut découvert par Renevier. Le même auteur, en compagnie de Ph. de La Harpe, signala la présence de ce même terrain dans le versant nord des Dents du Midi, au lac Cellaire.

Dans sa *Monographie géologique des Hautes Alpes vaudoises*, Renevier se demande si certaines brèches à ciment jaune qu'il mentionne à Praz-Durant et à Pierredar, dans le massif des Diablerets, ne doivent pas être rapportées au terrain sidérolithique.

En 1910, P. Arbenz[1], dans un travail détaillé sur le Sidérolithique de la Suisse centrale, fait remarquer que la roche ferrugineuse pénètre parfois dans la roche sous-jacente et qu'il peut se former des sortes de brèches spéciales dont le ciment est sidérolithique, tandis que les éléments plus ou moins gros sont ceux de la roche qui forme le substratum. Ainsi s'expliquerait le marbre bréchoïde de Grindelwald.

Ce phénomène de pénétration de la décomposition sidérolithique dans la roche substratum joue un grand rôle dans les Hautes Alpes calcaires vaudoises. Les brèches à ciment jaune de Renevier en sont un exemple, car on doit leur rattacher les brèches à ciment rouge de l'Aptien de la nappe de Morcles, particulièrement développées à la Dent Rouge, près des Plans sur Bex. La coloration si vive de l'Aptien

[1] ARBENZ, P. Zur Kenntnis der Bohnerzformation in den Schweizeralpen. (*Mat. Carte géol. suisse*, nouv. série, livr. XXIV).

de la paroi de la Dent de Morcles elle-même, au Nant rouge par exemple, est due à l'injection sidérolithique.

Pour se persuader de l'importance de cette injection dans la roche sous-jacente, il faut monter au Roc de la Marchande par Praz-Durand, dans le massif des Diablerets. Là, sur une étendue de près de 200 mètres, et par places sur près de 30 mètres d'épaisseur, on voit que la roche aptienne est comme carriée, imbibée par le fer sidérolithique et par des sables du même terrain. Par places, la roche forme une brèche à ciment de pisolites ferrugineux.

Le même phénomène, avec moins d'ampleur, est visible à quelques 30 mètres sous le sommet des Diablerets, dans la paroi qui domine Anzeindaz.

L'explication de ce phénomène est assez simple dans ses grandes lignes. La surface du Crétacique fut pendant longtemps soumise à une dissolution aérienne intense. Il se forma pendant tout le paléocène une *Terra rossa* abondante sur la surface du pays exondé. Là où le calcaire était fissuré, les eaux chargées de fer ont pénétré dans la roche. Elles ont substitué l'hydroxyde de fer au calcaire selon un réseau parfois très serré, là où la roche substratum était particulièrement tourmentée par les diaclases. Il s'est formé des gîtes de fer de substitution. Au Roc de la Marchande, on peut suivre pas à pas le phénomène de remplacement, car on se trouve devant une immense poche coupée en paroi par l'érosion. En pénétrant latéralement dans la poche, on voit peu à peu la roche aptienne se carrier, se charger de fer et se transformer en une brèche.

L'Aptien se prête particulièrement à ces phénomènes de substitution, à sa transformation en brèche, tandis que l'Urgonien ne fait guère que de se *sidérolithiser* selon des fentes. Un esprit non averti croirait voir, dans le ciment ferrugineux, un dépôt de l'âge des calcaires qu'il enrobe. Dernièrement, le géologue Stauffacher[1] a attribué au Crétacique supérieur les amas sidérolithiques du pied nord des Dents du Midi. Il est fort probable que là, comme dans toutes les Alpes helvétiques, il s'agit d'un gîte de substitution, c'est du fer tertiaire qui a infiltré la roche crétacique provenant de la transformation de la glauconie.

[1] STAUFFACHER. Chamosit-Eisenglanz-Pisolith in den oberen Kreide (Seewerschichten) an den Dents du Midi (Vallis). *Zeitschrift für praktische Geologie,* Heft 5, 1917.

Séance du 5 décembre 1917.

M. Pillichody. Expériences faites avec les travaux contre les avalanches en Suisse. — F. Rabowski. Les lames cristallines du Val Ferret et leur analogie avec les lames de la bordure NW du massif du Mont-Blanc et de l'Aar. — M. Lugeon. Sur les inclusions du substratum cristallin du Trias des massifs hercyniens.

M. Pillichody. — *Expériences faites avec les travaux contre les avalanches en Suisse.*

Le principe à la base des travaux contre les avalanches est d'empêcher la neige de se mettre en mouvement, d'empêcher le départ de l'avalanche. Il faut donc établir quel est le point de départ de l'avalanche et concentrer les travaux sur ce point.

L'avalanche est un phénomène printanier, elle se forme avec la venue du redoux, généralement, dans les Alpes, avec l'apparition du fœhn. L'avalanche est donc déterminée par des conditions météorologiques, en même temps que par l'effet de la pesanteur. L'avalanche ne se forme qu'aux endroits spécialement propices; elle est donc un phénomène régulier et a son lit déterminé comme un ruisseau; elle se produit aussi à époques fixes. Cette propriété permet d'en éviter les menaces, sans la corriger, et lorsqu'on veut la corriger, de concentrer les travaux de défense sur un certain point souvent de peu d'étendue.

Pour fixer la couche de neige au point de départ de l'avalanche, on crée un obstacle destiné à retenir la neige, d'après des règles basées sur l'expérience.

Il y a l'obstacle mort, qui est l'ouvrage technique, et l'obstacle vivant, qui est l'arbre. Là où la nature a disposé d'elle-même l'obstacle vivant — je veux dire la forêt, — et où l'homme a eu le bon escient de le respecter, l'avalanche ne part pas. Nos ancêtres ont prévenu la formation de centaine d'avalanches en déclarant *à ban* certaines forêts alpestres, sous lesquelles les villages et les hameaux jouissent d'une sécurité parfaite, alors que de chaque côté l'avalanche descend avec fracas.

Actuellement l'Inspection fédérale des forêts s'est posé comme but la reconstitution ou la création de la forêt protectrice dans le couloir d'avalanche. Lorsqu'il a fallu avoir recours à l'obstacle mort pour fixer la neige, ce moyen a été considéré comme provisoire et destiné à permettre la création de l'obstacle vivant.

L'on s'est cependant bercé d'illusions sur la rapidité de la croissance des plantations aux hautes altitudes, surtout dans les alpages dénudés, situés au-dessus de la limite actuelle des forêts. On a ainsi, au début,

construit l'obstacle mort trop faible, on a aussi trop peu entouré la plantation de garanties de réussite.

L'obstacle mort, toujours disposé perpendiculairement à la direction de la plus forte pente est le mur sec, la terrasse gazonnée ou soutenue par un petit mur en maçonnerie sèche, le pieu fiché en terre, en lignées horizontales, le pont de neige, etc.

La plantation, la création de l'obstacle vivant, se fit d'abord avec des essences ne convenant pas, ainsi l'épicéa, puis, lorsqu'on choisit des essences de haute montagne, on commit l'erreur d'employer des plants de mélèze, d'arole, de pin de montagne de provenance étrangère. Les marchands de graines sont enclins à faire cueillir les cônes dans les situations inférieures au pied des monts, en plaine même si l'occasion se présente. Les plants issus de graines récoltées de cette façon ne sont pas aptes à prospérer dans la haute montagne, ainsi que les expériences faites par le professeur Engler l'ont démontré d'une façon péremptoire.

Grâce à ce déficit de connaissances, le résultat obtenu avec les plantations de hautes altitudes fut souvent peu satisfaisant, et pendant que les reboisements s'étiolaient, l'obstacle mort qui devait les protéger, et qu'ils devaient remplacer, tombait en ruine. Mais ce qui est pis, l'on a vu des plantations, faites en particulier avec les essences alpestres, arole, mélèze, pin de montagne, qui après quinze, vingt ans de réussite, de prospérité, en sont venues à périr subitement. Ce phénomène assez général dans l'Oberland bernois, a été aussi observé dans le Valais ; il n'est pas définitivement expliqué. On peut l'attribuer à diverses influences, l'exposition, l'altitude, la composition du sol, le desséchement, la transpiration, l'insolation violente, les vents secs et glacials, ou aussi le fœhn, produisant un appel de sève trop brusque, alors que le sol est encore gelé. On suppose également que, tant que le plant ne dépasse pas la couche de neige d'hiver, il est à l'abri des frimas et de la mauvaise saison, tandis qu'au-dessus de ces dimensions il est exposé sans protection à des intempéries et des variations de température qu'il supporte difficilement. Si ces âpres conditions d'existence s'acharnent sur des plantons issus d'une génération qui a connu les douceurs d'une station abritée inférieure, l'on conçoit que l'insuccès final est dans l'ordre de la nature. Il faut en tirer la conclusion que le choix des plants doit se faire en attachant toute son attention à examiner de très près la provenance des graines et en sélectionnant les arbres mères.

Une autre conclusion s'impose, en présence des tendances imprudentes qui se font aujourd'hui dans les milieux des alpiculteurs de diminuer le rôle de la forêt en montagne, en méconnaissant son rôle de protection, c'est que nous devons au contraire vouer nos plus grands

soins à défendre nos forêts de haute montagne, si difficiles à reconstituer.

F. Rabowski. — *Les lames cristallines du Val Ferret et leur analogie avec les lames de la bordure NW du massif du Mont-Blanc et de l'Aar.*

On sait d'après M. Lugeon[1] que les massifs du Mont-Blanc et de l'Aar ont été culbutés par les mouvements alpins tertiaires, mais leurs masses semi-rigides, servant d'obstacles à la poussée pennine, au lieu de s'écouler vers l'extérieur, n'ont pu que se casser le long des surfaces dirigées vers le haut et l'avant[2]. Il en est résulté une structure à dents de scie qu'il nous est aisé d'observer chaque fois que le socle hercynien, grâce aux abaissements axiaux, laisse voir sa carapace. Ceci est réalisé dans l'extrémité SW du massif du Mont-Blanc et dans celle du massif de l'Aar.

M. Lugeon[3] nous a fait voir, à la bordure NW de ces deux massifs, l'existence de lames cristallines dont il a fait l'homologue des coins de gneiss signalés par Bertrand et Ritter[4] dans le Mont Joly.

Des recherches exécutées dans le Val Ferret nous ont révélé l'existence des lames cristallines semblables sur la bordure SE du massif du Mont-Blanc. Au nombre d'une ou de deux, souvent dédoublées par des replis, elles apparaissent au-dessus d'Orsières, au bord de la route de Champex, à 1400 mètres environ d'altitude. D'ici on les suit presque tout le long du versant gauche du Val Ferret jusqu'au-dessus du petit col Ferret, où elles atteignent une altitude de 2660 m. Elles traversent ce col pour continuer sur le versant italien, où il m'a été impossible de les suivre. Elles plongent d'ordinaire de 60 à 70 degrés au SE en concordance avec la série sédimentaire qui les entoure, mais souvent, inclinées davantage, elles chevauchent sur la tête de couches de cette dernière. De quelques mètres d'épaisseur, habituellement, ces lames tantôt se gonflent, en atteignant une quin-

[1] Lugeon, M. Sur la tectonique de la nappe de Morcles et ses conséquences. *C. R.*, 30 sept. 1912.

[2] Lugeon, M. Les sources thermales de Loèche-les-Bains. *Mat. Carte géol. suisse,* nouv. série, livr. XXXVIII.

[3] Lugeon, M. *Loc. cit.* et Carte géologique des Hautes Alpes calcaires entre la Lizerne et la Kander. *Mat. Carte géol. suisse,* nouv. série, livr. XXX. Carte spéciale nº 60, 1910, ainsi que Les Hautes Alpes calcaires entre la Lizerne et la Kander. Fasc. 1. *Mat. Carte géol. suisse,* nouv. série, livr. XXX.

[4] Ritter, E. La bordure sud-ouest du Mont-Blanc, les plis couchés du Mont Joly et ses attaches. *Bull. Serv. Carte géol. France,* nº 60, 1898.

zaine de mètres, tantôt se laminent jusqu'à quelques centimètres et se réduisent à des lentilles éparses d'une allure bizarre.

Ces lames sont constituées par des porphyres souvent méconnaissables, par des aplites et des schistes cristallins. Des schistes noirs liasiques, s'écrasant tantôt sur l'un, tantôt sur l'autre flanc, les enveloppent et marquent, quand elles font défaut, leur prolongement soit vers le haut, soit latéralement. Ainsi tronçonnées elles jalonnent le Val Ferret sur une distance de 16 km, distance qui sera dépassée de beaucoup probablement quand on aura le loisir de les suivre plus au SW.

La constitution même de ces lames nous prouve qu'elles doivent se rattacher en profondeur à quelques coins internes du massif du Mont-Blanc. Les coins de granit et de porphyre du Mont-Chétif, de la montagne de la Saxe et d'au-dessus de Praz Sec, dans le Val Ferret italien, occupant une position plus interne encore, nous ne pouvons pas les paralléliser avec nos lames. Celles-ci sont toujours séparées, à la surface, du massif du Mont-Blanc par une zone sédimentaire en repos normal sur le cristallin, mais repliée sur elle-même, qu'il faut rattacher au plan normal de la nappe de Morcles. Il est donc justifié de considérer les lames cristallines du Val Ferret comme un *indice d'apparition d'une nouvelle unité tectonique, celle de la nappe des Diablerets-Wildhorn*, et de rattacher les coins cristallins des environs de Courmayeur à la racine de la nappe de la Plaine-morte et du Mont-Bonvin.

Au NE d'Orsières, dans la direction de Sembrancher, et au delà, jusqu'à Saxon, aucune trace de lames cristallines n'est plus visible. Elles sont enfouies en profondeur et seule apparaît leur enveloppe sédimentaire, grâce à l'abaissement axial. Ce n'est qu'au-dessus de Nieder Gampel, au Zeiziberg, que réapparaît le noyau cristallin le plus externe de la nappe des Diablerets-Wildhorn, et c'est à lui qu'il nous faut rattacher le prolongement des lames du Val Ferret.

La formation des lames dans certaines parties du socle hercynien est donc limitée à deux zones qui présentent entre elles une grande analogie. En effet, de même que les lames du Val Ferret sont disposées derrière le massif du Mont-Blanc, de même les lames du Mont-Joly, de la Dent-de-Morcles, de la Dent-du-Midi et de Kaufmannkumme-Stierstutz sont situées derrière le massif de Belledonne-Aiguilles-Rouges-Gastern.

Il est évident que le bord interne des massifs du Mont-Blanc est de l'Aar a dû souffrir davantage sous l'influence de la poussée pennine que sa masse centrale, et par conséquent les coins déjà formés de cette zone ont dû céder sous la pression du flux intraalpin, en se laminant et se laissant entraîner plus en avant.

Il en est de même avec le massif de Belledonne-Aiguilles-Rouges-

Gastern ; seulement ici, si la partie interne, presque rigide, de l'obstacle a été écorchée (coins externes du Mont-Joly, probablement la lame de mylonites de la Dent de Morcles-Dent du Midi et la lame inférieure du Lötschenpass), la partie frontale incidente de la masse semi-rigide des massifs du Mont-Blanc et de l'Aar a dû céder elle-même, en se résolvant aussi en lames (lames plus internes du Mont-Joly et lames supérieures de Kaufmannkumme-Stierstutz).

Dans la masse incidente pennine, ces déformations en lames ne sont plus aussi accentuées, ce qui se comprend aisément si l'on tient compte de son milieu beaucoup plus plastique. Le flanc renversé de la nappe du Grand-Saint-Bernard ne se résout plus en lames-échardes, mais se replie. Il en résulte des faux synclinaux, souvent très étirés, de schistes carbonifères, pincés dans des couches triasiques et déjetés au NW. J'ai pu les observer sur les hauteurs du versant droit du Val Ferret. Les mêmes déformations dessinées par E. Argand[1] plus au NE, jusqu'au-dessus de Tourtemagne dans la vallée du Rhône, sont à attribuer à la même cause : au ralentissement de la marche en avant de la masse plastique de la nappe du Grand-Saint-Bernard à l'approche de l'obstacle hercynien.

Il résulte de cette analyse que la présence de lames cristallines le long de la bordure SE et NW du massif du Mont-Blanc et de la bordure NW de celui de l'Aar est liée à l'existence de zones de maximum de différenciation de mouvement et de plasticité ou de rigidité.

M. Lugeon. — *Sur les inclusions du substratum cristallin du Trias des massifs hercyniens.*

J'ai émis l'hypothèse en 1916[2] que la coloration rose de la tranche supérieure des schistes cristallins sous la surface de transgression du Trias du massif des Aiguilles-Rouges était due à une ancienne décomposition de la surface de la chaîne hercynienne.

Après moi, cette hypothèse de la décomposition antétriasique a été également formulée par MM. Alb. et Arn. Heim[3], qui ont particulièrement attiré l'attention sur des inclusions calcaires ou dolomitiques

[1] Argand, E. Les nappes de recouvrement des Alpes occidentales et les territoires environnants. Essai de cartes structurales avec trois planches. *Mat. Carte géol. suisse,* nouv. série, livr. XXVII, carte spéciale nº 64, 1911.

[2] Lugeon, M. Sur la coloration en rose de certaines roches du massif des Aiguilles-Rouges. *C. R.*, 20 mars 1911, et *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.,* vol. 51, P.-V. p. XII.

[3] Heim, Alb. et Arn. Der Kontakt von Gneiss und Mezsozoïtum am Nordrane des Aarmassivs bei Erstfeld. *Vierteljahrschrift d. Nat. Gesellsch. Zürich,* 62. Jahrgang, p. 423.

qui se trouvent dans cette zone de décomposition au Scheidnössli près d'Erstfeld (canton d'Uri). Après une discussion serrée, ils abandonnent une explication donnée par W. Staub et G. B. Escher, à savoir que ces enclaves ne sont que des concrétions ou des remplissages de fentes par des matériaux dissous du Trias superposé, et admettent que ces inclusions sont magmatiques.

Cette hypothèse n'est pas admissible, car il serait fort singulier de ne trouver ces inclusions que dans le voisinage de la transgression triasique et jamais en profondeur dans la masse des roches cristallines. Puis une étude de quelques points de la discordance hercynienne dans le massif des Aiguilles-Rouges nous a montré que, régulièrement, ces inclusions existaient partout dans la zone de décomposition exclusivement. C'est ainsi que je connais des inclusions près du village de Morcles, à Salanfe sur le sentier du col du Jorat, dans le massif de la Dent du Midi, à Barberine dans le massif de la Tour Salière. L'universalité de la présence de ces inclusions dans le haut des tranches de roches cristallines, sitôt que le Trias est présent, nous montre que le phénomène est bien lié à la présence de ce dernier terrain. Il n'a rien à voir avec le magma. C'est un phénomène sédimentaire.

Du reste, quand on a percé le tunnel du Lötschberg, au kilomètre 3983 du versant nord, j'ai récolté dans la partie tout à fait supérieure du massif cristallin, et immédiatement sous le Trias, des inclusions admirables de gypse rose, qui remplit tantôt des fentes, tantôt des vides globoïdes.

Jamais le gypse n'a été rencontré dans les séries qui composent le massif cristallin des Aiguilles-Rouges. Il ne peut provenir que du Trias. Dans le tunnel, ce gypse est contenu dans une roche compacte, verte ou violacée, comme une argilolithe, qui représente une ancienne argile latéritique, soit l'extrême produit de décomposition des roches de surface de l'ancienne pénéplaine antétriasique. Or, dans le quartzite qui repose sur l'argilolithe, j'ai trouvé des inclusions de gypse semblables à celles qui, plus bas, sont dans la roche cristalline décomposée ; puis on voit dans le quartzite des filonnets nombreux de gypse qui nous montrent le chemin des eaux gypseuses.

La présence d'inclusions gypseuses nous indique péremptoirement que toutes ces inclusions de la zone de décomposition se sont formées après le dépôt du Trias. Elles sont le remplissage de vides qui préexistaient dans la roche cristalline au voisinage de son ancienne surface aérienne. Lors de la transgression de la mer triasique, les fentes de l'affleurement de la roche cristalline ont été lévigués, vidées de l'argile de décomposition qu'elles contenaient. Le quartzite de base du Trias, formé par du sable trop grossier, n'a pu rentrer dans ces fentes et les colmater. Ce travail devait être réservé à des eaux chargées de

calcaire ou de gypse qui postérieurement au dépôt du Trias, ont circulé dans les vides.

Assemblée générale du 19 décembre 1917.

Briquet. L'appareil staminal des composées. — P.-L. Mercanton. Variation annuelle de la température de l'air à Lausanne. — L. Horwitz. Plis devanciers dans les Préalpes médianes. — Bohdan Swiderski. Sur les faciès de la couverture sédimentaire de la partie occidentale du massif de l'Aar.

John Briquet. — *L'appareil staminal des composées ; structure et fonctions de ses diverses parties.*

M. Briquet rappelle d'abord que la caractéristique de l'appareil mâle dans la famille des Composées consiste dans le fait que les 5 (rarement 4) étamines ont des filets insérés sur le tube corollin, à un niveau variable suivant les genres considérés, et des anthères introrses cohérentes par leurs bords. Il résulte de ce dispositif un manchon ou fourreau anthérien à l'intérieur duquel se déverse le pollen. Le style pénètre dans ce fourreau par l'orifice inférieur et refoule le pollen vers l'orifice supérieur en nettoyant la surface interne du fourreau au moyen de poils balayeurs. Pendant cette première phase, la fleur, morphologiquement hermaphrodite, est physiologiquement mâle. Ce n'est que plus tard, une fois le pollen éjaculé, que le style surgit de l'orifice supérieur du fourreau anthérien et étale ses deux branches stigmatiques : la fleur est alors physiologiquement femelle.

M. Briquet étudie successivement dans l'étamine la morphologie et l'anatomie des parties suivantes, qui ne manquent jamais : le *connectif* situé entre deux couples de loges anthériennes ; les *loges anthériennes* s'ouvrant au moyen d'une fente longitudinale unique et introrse pour chaque couple ; l'*anthéropode* qui sépare l'anthère du filet ; et enfin le *filet* lui-même. A ces parties vient s'ajouter l'examen d'organes de présence moins constante : l'*appendice terminal* (qui fait défaut dans divers genres du groupe des Vernoniées) et les *auricules* ou appendices basilaires des anthères, qui, très développées dans certains groupes (par exemple, Inulées, Cynarocéphales), manquent complètement dans d'autres (par exemple, beaucoup d'Astéroïdées et d'Anthémoïdées). Un aperçu de l'ontogénie de ces diverses parties complète l'exposé précédent, ontogénie encore inédite parce que les organogénistes se sont trop exclusivement attachés à l'étude des premières phases du développemeut de l'androcée. C'est ainsi que l'appendice apical de l'anthère se développe de très bonne heure par le creusement en écaille du sommet de l'anthère avant la différenciation des sacs anthériens, pour atteindre ses dimensions et sa forme définitives au moyen

d'une croissance intercalaire localisée entre l'apex et le sommet du connectif. De même, les appendices basilaires des anthères se développent très tôt par un processus de croissance intercalaire comparable au précédent et dans lequel les divisions transversales sont peu nombreuses, tandis que les cellules s'allongent beaucoup.

M. Briquet a étudié spécialement la structure, la genèse et les fonctions des anthéropodes. Le nom d'anthéropode a été donné par M. Beauverd à un petit organe de forme variable, le plus souvent élargi à la base, comprimé d'avant en arrière, de couleur foncée, et qui sépare le filet de l'anthère, sur le prolongement du connectif. Cet organe, découvert et décrit pour la première fois par Cassini, en 1814, sous le nom d'*article anthérifère,* n'a jamais été étudié à fond et sa vraie fonction était inconnue. L'auteur montre que, dès le moment où l'anthère commence à se différencier comme telle, il se manifeste dans la région basilaire de l'étamine un travail de cloisonnement transversal extrêmement actif qui aboutit à la formation d'un tissu épidermique et cortical dense, à éléments subisodiamétriques, ou même plus larges que longs. Seule la région axile reste occupée par un cordon d'éléments allongés, grêles. Partout ailleurs, surtout dans l'épiderme et la région hypodermique, les cellules sclérifient et lignifient leurs parois. L'anthéropode se trouve ainsi constitué en fin de compte par des cellules rigides dont le plasma ne tarde pas à mourir. Dans certains cas les parois sont pourvues de ponctuations arrondies ou encore allongées transversalement *(Ambrosia)*. Il arrive même *(Piquieria)* qu'un anthéropode peut être formé d'un étage de cellules unique, à parois épaisses en spirale à la façon d'une trachéide, mais ce cas est exceptionnel.

Ce n'est que plus tard que se forment les filets proprement dits. Ceux-ci sont dépourvus des éléments diversement sclérifiés caractéristiques pour les anthéropodes. La croissance intercalaire des filets n'est pas accompagnée d'abondants cloisonnements dans un plan transversal, mais est surtout caractérisée par l'allongement des éléments épidermiques et corticaux. L'axe du filet est occupé par un cordon libéro-ligneux grêle qui vient s'éteindre dans la région inférieure de l'anthéropode. Le fait d'être constitué — à part les trachées du cordon libéro-ligneux — par des tissus vivants, à membrane non lignifiée et peu épaisse, explique la flexibilité des filets et fait comprendre qu'ils puissent être le siège chez diverses composées, en particulier chez les Cynarocéphales, de remarquables phénomènes d'irritabilité.

Or, au premier début du développement du gynécée, pendant que les branches du style s'allongent, en s'élevant graduellement de bas en haut, les anthéropodes des cinq étamines s'allongent aussi, mais de haut en bas. *Ils emprisonnent ainsi dès l'origine le sommet du*

style dans une cage directrice rigide. C'est grâce aux anthéropodes que le style peut s'engager directement et sans accroc dans l'orifice inférieur du fourreau anthérien. Sans la cage anthéropodique, il suffirait de peu de chose, d'une résistance due à un désaxement accidentel du sommet du style, pour empêcher ce dernier de s'engager dans le fourreau, ou même pour l'amener à passer à côté en s'insinuant entre les filets.

Les anthéropodes constituent donc un exemple très intéressant d'organes remplissant une fonction importante *au cours du développement de la fleur*, et dont le rôle paraît très obscur tant qu'on se borne à étudier les stades adultes.

D'autres données nouvelles sont encore fournies par l'auteur sur le rôle biologique des auricules anthériennes. Celles-ci peuvent, lorsqu'elles sont reployées vers l'extérieur, fonctionner comme nectarostège, fonction qui est normalement dévolue aux filets et à leurs trichomes. Lorsqu'elles sont soudées les unes aux autres ou reliées par des poils de liaison, elles contribuent à renforcer soit la cage anthéropodique, soit le fourreau anthérien.

Enfin, M. Briquet confirme les recherches de C. Gerots (1905) établissant que la cohérence latérale des anthères est due à une véritable soudure des cuticules voisines, et non pas à un simple phénomène de collage.

P.-L. Mercanton. — *Variation nouvelle de la température de l'air à Lausanne.* (Ce travail paraîtra dans le Bulletin.)

L. Horwitz. — *Plis devanciers dans les Préalpes médianes.*

Dans sa monographie géologique des Tours d'Aï et des régions avoisinantes[1]. M. A. Jeannet insiste à plusieurs reprises sur les lacunes que présente la série sédimentaire dans la vallée de la Tinière. Il s'agit du Rhétien, de l'Hettangien et peut-être du Sinémurien (s. str.), qui y manquent par places.

M. Jeannet arrive à ce sujet à la conclusion suivante (*loc. cit.*, p. 457) : « Je me représente qu'à l'emplacement actuel, compris entre les vallées du Rhône et de la Jogne (peut-être même jusqu'au voisinage du versant sud du Ganterist, d'après Gilliéron, et du Stockhorn) existait un bombement ; qu'en son point maximum d'élévation, le Lotharingien transgresse sur le Trias, tandis que les étages inférieurs se complètent successivement dans la direction sud-ouest. Cette disposition est certaine dans nos régions, l'est-elle aussi à l'extrémité nord

[1] Jeannet, A. *Mat. Carte géol. suisse,* nouv. série, 24e liv., Berne, 1912-1913.

et nord-est ? Des études de détail sont encore à faire dans cet ordre d'idées. Il en est de même des environs de Montreux (Mont Cubly) ».

Des données acquises ces dernières années ont confirmé la conception de M. Jeannet et ont même permis de l'élargir. Voici ces données :

I. *Anticlinal de la vallée de la Tinière et son prolongement jusqu'aux environs du lac de Thoune.*

1° A l'est de Grandvillard, en amont de la gorge de Thaouna, on constate aux environs du col de Teyguire (chalet à 1549 m), des lacunes analogues à celles qui existent dans la vallée de la Tinière et près de Rossinières[1]. En effet, en montant depuis le col dans la direction de Petzernetze (1701 m), on voit la corgneule presque en contact avec le Sinémurien probable (calcaire lisse, par places calcaire à entroques). Le calcaire dolomitique et le Rhétien manquent.

2° Dans la région de Jaun, le phénomène est moins net. Un peu en aval de cette localité, sur la rive gauche de la Jogne, le Lias inférieur est peu épais, mais semble être complet. Son amincissement dans cet endroit peut cependant avoir une raison tectonique. En fait, un peu plus loin, dans le même flanc normal de l'anticlinal (vallée du Rio du Mont, bord droit), la série en question est déjà plus épaisse.

3° En revanche, à l'extrême droite de la région envisagée, dans les Préalpes médianes bernoises, les lacunes stratigraphiques dans le Lias inférieur apparaissent avec netteté dans le prolongement du même anticlinal.

D'après quelques observations inédites de M. Rabowski, faites en 1915, on constate dans la région de Thalmattenspitz, au sud de Ganterist, ceci : au-dessus du Rhétien suit immédiatement le calcaire à entroques. Il manque donc ici sûrement l'Hettangien et probablement le Sinémurien. Le même phénomène a lieu dans un second anticlinal, situé un peu plus au sud : là le Rhétien est surmonté lui aussi par du calcaire à entroques.

Ainsi depuis le lac Léman jusqu'au lac de Thoune, à peu près à l'emplacement de l'anticlinal actuel, séparant la chaîne de Ganterist de celle de Stockhorn, existait au Lias inférieur un anticlinal (« géanticlinal ») *prédécesseur très lointain de l'anticlinal actuel.* La région de Jaun cependant présente une exception[2]; peut-être l'anticlinal primitif s'y trouvait un peu plus au sud de l'anticlinal actuel.

En outre, *la série des dépôts du Lias inférieur tend à se compléter*

[1] Course faite en septembre 1917, en compagnie de M. Schumacher.

[2] Ce fait rappelle une exception semblable dans le même pli sur le versant gauche de la vallée du Rhône; là la série du lias inférieur est complète elle aussi. (Voir Jeannet, *loc. cit.*, p. 436.)

quand on s'approche du synclinal gruyérien actuel et de ses équivalents. Dans la vallée de la Tinière, M. Jeannet a constaté l'absence totale du Rhétien et celle de l'Hettangien sur la rive *gauche* de la Tinière. Sur la rive *droite* le Rhétien réapparaît et probablement l'Hettangien. Dans la région du col de Feyguire la série du Lias inférieur, incomplète vers l'intérieur de la chaîne, se complète dans la direction du point 1716 (sommet du Cuar) on rencontre, après la corgneule et le calcaire dolomitique triasiques, une série de blocs d'une roche gréseuse, roussâtre, qu'il y a lieu d'attribuer au Rhétien ; puis vient l'Hettangien ou le Sinémurien, sous forme de calcaire « lisse ».

Dans la région de Jaun, vers l'extérieur de la chaîne, le Lias inférieur du massif des Bruns est des plus complets et relativement très épais. Enfin, dans les Préalpes bernoises, d'après Gilliéron[1], l'Hettangien à Pecten valonensis se trouve à Morgeten, un peu à l'ouest de la coupe faite par M. Rabowski. De même plus loin dans la région du Stockhorn, dans le prolongement exact de l'anticlinal de Jaun-col de Nüschels, prolongement lui-même de celui de la vallée de la Tinière, le flanc renversé renferme l'Hettangien et le Rhétien.

II. *Zone extérieure des Préalpes médianes depuis le lac Léman jusqu'au lac de Thoune.*

1° Dans la partie centrale de cette zone, située entre Charmey et le lac Noir, il y a des lacunes stratigraphiques importantes dans la chaîne la plus externe, dite « de Langeneckgrat » (Gilliéron). Dans les petits massifs d'Arsajoux et de Thoosrain, l'absence de l'Hettangien et du Sinémurien est complète. Le Rhétien y est suivi par quelques mètres de calcaire à entroques, surmonté à son tour par le Lotharingien supérieur (zone à Arietites raricostatus).

2° Dans le massif de Wirtneren, situé à l'extrême droite de la région ici envisagée, équivalent exact, tectonique et stratigraphique, de ceux d'Arsajoux et de Thoosrain, je n'ai nulle part constaté l'Hettangien : sur le Rhétien repose un niveau de quelques mètres de calcaire à entroques, qui pourrait représenter le Sinémurien. Au Lotharingien correspond probablement un calcaire à entroques du type du Mont d'Arvel, exactement le même du reste, que celui du massif Arsajoux.

3° Quant à la région comprise entre le Moléson et le Léman, elle comporte aussi des lacunes stratigraphiques dans le Lias inférieur. Mais *vers l'intérieur de la chaîne, la série liasique se complète rapide-*

[1] GILLIÉRON. Description géologique des territoires de Vaud, Fribourg et Berne, etc. *Mat. Carte géol. suisse,* XVIIIe livr., 1885, p. 121.

ment. Dans la bande liasique qui délimite le massif des Bruns du côté N. la série du Lias inf. est complète. Dans la région de Ganterist-Stockhorn j'ai pu observer une coupe complète du Lias inf. au S du massif de Wirtneren. — Enfin, il faut citer la série si épaisse et si complète du Rhétien, de l'Hettangien, etc., située à l'entrée de la gorge du Chauderon qui ne se trouve pas par hasard sur le prolongement direct du synclinal gruyérien.

Dans les klippes de la Suisse centrale et les Préalpes de Savoie, les lacunes stratigraphiques dans le Lias inférieur ne manquent pas non plus. Ainsi citons l'absence probable de l'Hettangien à la Musenalp et à l'Arvigrat et en revanche son développement plus au N, au Stanserhorn et au Buochserhorn.

Au Môle[1], le Rhétien n'existe que dans les plis inférieurs, tandis que l'Hettangien semble y être totalement absent. Dans le massif des Brasses que l'Infralias de M. A. Chaix[2], le Rhétien et l'Hettangien n'est développé que dans la partie bordière et semble manquer vers l'intérieur.

De tout ce qui précède une conclusion nette se dégage, à savoir : *pendant le Lias inférieur il y avait dans la partie externe des Préalpes médianes actuelles, située entre le lac Léman et le lac de Thoune, un synclinal encadré de deux anticlinanx. L'emplacement de ce synclinal coïncidait assez bien avec l'emplacement actuel du synclinal crétacé gruyérien et de ses prolongements. De deux anticlinaux celui situé à l'intérieur des Alpes s'est formé approximativement à l'emplacement du flanc normal de l'anticlinal actuel et peut-être un peu plus au S, tandis que l'arête culminante de l'anticlinal extérieur se trouvait bien loin, près du bord actuel des Préalpes médianes.*

Bohdan Swiderski. — *Sur les faciès de la couverture sédimentaire de la partie occidentale du massif de l'Aar.*

La série sédimentaire qui recouvrait entièrement le massif cristallin de l'Aar n'est conservé de nos jours, dans la partie occidentale du massif que : 1° sur la bordure méridionale du massif du Bietschhorn ; 2° le long du bord occidental du massif de l'Aar, soit dans le pays des Rothörner ; 3° sur son bord septentrional, dans l'autochtone le long du massif du Gastern, et enfin 4° plus au N, dans les grands plis couchés sur l'avant-pays hercynien. La série autochtone débute par les terrains triasiques reposant en discordance sur le substratum cristallin.

[1] Bertrand, M. Le Môle et les collines de Faucigny (Haute-Savoie), *Bull. Serv. Carte géol. France, etc.*, 1892-1693.

[2] Chaix, A. Géologie des Brasses (Haute-Savoie), *Ecl. geol. helv.*, t. XII, p. 501-601 (1913).

Tandis que, dans la partie centrale du massif de l'Aar, soit dans les synclinaux des Rothörner de la vallée de Lötschen, la série du Trias est peu complète et constituée seulement par des calcaires dolomitiques et de la cornieule, aux environs du Lötschenpass et le long du versant sud du massif du Bietschhorn les quartzites de base et les grès quarzeux à la base du Trias supérieur prennent un développement presque général. On peut en conclure que la carapace cristalline du massif hercynien n'a été envahie que graduellement par les eaux marines triasiques.

Ce Trias est recouvert dans la bordure méridionale du massif du Bietschhorn aux environs de Raron, directement par les schistes aaléniens. Vers le NW, dans le massif du Torrenthorn par contre, le Lias inférieur et moyen est très développé. Il est surtout caractérisé, d'après M. Lugeon [1], par des dépôts gréseux qui deviennent plus détritiques vers le S.

Dans la couverture antochtone du massif de Gastern, le Lias inférieur, moyen et supérieur peut-être, manquent de nouveau. Dans le soubassement de la chaîne de la Blümlisalp, sur le versant nord du massif de Gastern, Prösch [2] relève l'existence d'un ensemble très mince de schistes, de calcaires spathiques, représentant le Lias moyen, puis, au-dessus, des schistes argileux aaléniens avec une intercalation de quartzite. Enfin plus au N dans la prolongation de la nappe du Wildhorn, dans le Kiental, le Lias serait de nouveau bien développé, d'un faciès marin plus profond.

L'absence presque complète du Lias dans la couverture du massif de Gastern et la différence de faciès du Lias des deux côtés de ce massif s'expliqueraient par un bombement géanticlinal du massif, qui séparait, aux temps du Lias, les deux mers sud et nord. W. Staub [3] a signalé le même phénomène dans la vallée de la Reuss et le massif d'Erstfeld. L'absence complète du Lias dans la région de Ferningen, signalée dernièrement par Alb. Heim [4] confirme l'existence de cette barre cristalline tout le long du bord du massif de l'Aar.

Au S du massif de Gastern s'étendait une mer où se déposaient des

[1] Lugeon, M. Deuxième communication préliminaire sur la géologie de la région comprise entre le Sanetsch et la Kander. *Ecl. geol. helv.*, 1905.

[2] Gerber E., Helgers E. und Trœsch, A. Erläuterungen zur geol. Karte der Gebirge zwischen Lauterbrunnental, Kandertal und Thunersee. *Erläut. z. geol.*, 5, 1907.

[3] Staub, W. Beobachtungen am Ostende des Erstfeldermassif. *Geol. Rundschau*, 3. Bd., 1912.

[4] Heim, Alb. Die Juramulde von Ferningen. *Ecl. geol. helv.*, vol. XIV, nº 2, 1916.

dépôts néritiques gréseux. Comme la couverture autochtone du Trias a persisté sur ce massif jusqu'à nos jours, le matériel détritique gréseux déposé dans cette mer devait venir nécessairement des régions orientales et méridionales.

Le caractère plus détritique du Lias inférieur et moyen vers le S, aussi bien que l'absence de ces terrains dans la bordure sud du massif du Bietschhorn semblent indiquer un second bombement géanticlinal, qui longeait probablement la zone axiale du granite de l'Aar. Ainsi donc, nous sommes amenés à subdiviser le géanticlinal helvétique, aux temps du Lias, en deux géanticlinaux secondaires : au N celui de Gastern-Erstfeld, au S celui de la zone axiale du granite de l'Aar. Entre les deux s'étendait une mer peu profonde à sédimentation néritique.

Plus haut dans la série l'absence du Bajocien, analogue à celle du Lias sur le massif de Gastern, confirme l'existence d'un géanticlinal sur son emplacement. Les calcaires dolomitiques triasiques de la couverture sédimentaire du massif ont donné lieu dans le Dogger inférieur à la formation de calcaires bréchoïdes sur les deux versants du géanticlinal de Gastern. Vers le S, ce faciès néritique est remplacé par un faciès plus bathial, dans la série renversée de Dogger du pli couché du Balmhorn. La mer devient donc plus profonde vers le S.

Encore plus au S, nous n'avons plus de témoins des dépots du Dogger et nous arrivons directement aux sédiments du versant sud du massif du Bietschhorn, aux environs de Raron, où le faciès, surtout dans le Bajocien, est néritique et présente des parties bréchoïdes à la base.

Comme nous voyons une différence notable de ces faciès sud du Dogger avec ceux de la région du Torrenthorn, nous croyons pouvoir affirmer la persistance du second géanticlinal de la zone axiale du granite de l'Aar, au moins dans le Bajocien. Les faciès du Bathonien se rapprochent déjà plus de ceux du massif du Torrenthorn, tandis que celui du Callovien est de nouveau plus gréseux et néritique.

Dès le début de l'Oolithique moyen, le géanticlinal helvétique est complètement submergé et les inégalités du fond aux temps du Lias et du Bajocien tendent à disparaître ; la sédimentation est devenue plus uniforme sur tout le massif de l'Aar.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

DES TRAVAUX DE CHIMIE FAITS EN SUISSE

1917

Juillet

103. Baragiola (W. I.). Ueber Pasteurisieren und Biorisieren von unvergorenen und vergorenen Trauben- und Obstsäften. Wädenswil. Schweiz. Versuchsanstalt. — *Schweiz. Apotheker-Zeitung* **55**. 396.

104. Brun (Albert). Contribution à la connaissance de l'exhalaison volcanique. Genève. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **44**. 5.

105. Ephraim (Fritz). Ueber die Natur der Nebenvalenzen. Polyhalogenide. Bern. Anorg. Lab. der Univ. — *Berichte* **50**. 1069.

106. Ephraim (Fritz) und Wagner (Paul). Haftintensität des Wassers in Krystallwasser-Verbindungen. Bern. Anorg. Lab. der Univ. — *Berichte* **50**. 1088.

107. Kehrmann (F.) und Hempel (Stanislas). Konstitution und Farbe. Lausanne. Org. Univ.-Lab. — *Berichte* **50**. 856.

108. Kehrmann (F.) und Herzbaum (Alexander). Ueber Monosulfosäuren von Chinonimid-Farbstoffen. Lausanne. Org. Univ.-Lab. — *Berichte* **50**. 873.

109. Kjöllerfeldt (Marcus). Untersuchungen über die Resorption des Eiweisses und einiger seiner Abbauprodukte in der Bauchhöhle des Kaninchens. Bern. Physiol. Inst. der Univ. — *Biochem. Zeitschr.* **82**. 188.

110. Lifschitz (J.). Ueber den Sättigungszustand von Chromophoren. Zürich. Chem. Lab. der Univ. — *Berichte* **50**. 897.

111. Lifschitz (J.) und Lourié (Heinrich). Ueber den Indigo-Chromophor. Zürich. Chem. Lab. der Univ. — *Berichte* **50**. 897.

112. Pfeiffer (Paul) und Grimmer (Joseph). Zur Kenntnis der Chromanone. Zürich. Chem. Inst. der Univ. — *Berichte* **50**. 911.

113. Pictet (Amé), Kaiser (O.) et Labouchère (A.). Les alcools et les bases du goudron du vide. Genève. — *Comptes rendus* **165**. 113.

114. Pritzker (J.). Zur Kryoskopie und Refraktometrie der Milch. Frauenfeld. — *Zeitschr. Unters. Nahrungsmittel* **34**. 69.

115. Rupe (H.) und Silberstrom (L.). Die Absorptionsspektren einiger Verbindungen mit relativ anomaler Rotationsdispersion. Basel. Chem. Lab. der Univ. — *Annalen* **414**. 99.

116. Rupe (H.) und Wild (Samuel). Optisch aktive Ketone und Diketone. Basel. Chem. Lab. der Univ. — *Annalen* **414**. 111.

117. Staudinger (H.). Keten-carbonester und Schiffsche Basen. Zürich. Chem. Inst. der Techn. Hochschule. — *Berichte* **50**. 1035.

118. Staudinger (H.) und Becker (H.). Ueber Keten-monocarbonester. Zürich. Chem. Inst. der Techn. Hochschule. — *Berichte* **50**. 1016.

119. Staudinger (H.) und Endle (R.). Vergleich der Isocyanate mit den Ketenen. Zürich. Chem. Inst. der Techn. Hochschule. — *Berichte* **50**. 1042.

120. Staudinger (H.) und Endle (R.). Notiz über das Dimethylaminobenzoylchlorid. Zürich. Chem. Inst. der Techn. Hochschule. — *Berichte* **50**. 1046.

121. Staudinger (H.) und Hirzel (H.). Keten-dicarbonester und Phenyl-keten-carbonester. Zürich. Chem. Inst. der Techn. Hochschule. — *Berichte* **50**. 1024.

122. Trier (G.). Zur Kenntnis der Pektinstoffe. Zürich. — *Schweiz. Apotheker-Zeitung* **55**. 369.

123. Wehrli (Gustav). Der Einfluss von Temperatur und Feuchtigkeit bei Kohlensäure- und Kohlenoxydgasvergiftungen. *Dissert.* Zürich (Prof. Silberschmidt).

Août

124. Alfimoff (Boris). Recherches sur quelques propriétés physiques des solutions de chlorure de lithium et de lithine et sur l'électrolyse du chlorure de lithium. *Thèse.* Genève (Dr Briner).

125. Besson (A. A.). Der Nachweis geringer Mengen von Oxalsäure im Wein. Basel. — *Chem.-Zeitung* **41**. 642.

126. Bosshard (Gustav Adolf). Beiträge zur Kenntnis der Samen der Rosskastanie und der in diesen Samen enthaltenen Saponin-Substanzen. *Dissert.* Zürich (Prof. Winterstein).

127. Fichter (Fr.). L'oxydation électrochimique des combinaisons organiques. Bâle. Lab. de ch. inorg. de l'Inst. de chimie. — *Bull. de la Soc. vaudoise des Sc. nat.* **51**. 513.

128. Fichter (Fr.), Steiger (Heinrich) und Stanisch (Theophil). Ueber die Bildung des Harnstoffs aus Ammoniumcarbonat und aus verwandten Verbindungen. Basel. Anorg. Abt. der chem. Anstalt. — *Verh. der naturf. Ges. in Basel* **28**. 66.

129. Frumkin-Datnowski (Pauline). Ueber die Kondensation von 3,6-Dinitrothiodiphenylaminsulfoxyd mit Anisol. Ueber die Konstitution der merichinoiden Salze. *Dissert.* Lausanne (Prof. Kehrmann und Dr Piccard).

130. Günther (Hanns) und Schoop (M. U.). Das Schoop'sche Metallspritzverfahren (Stuttgart) Zürich.

131. Haenni (Pierre). Ueber graphitischen Kohlenstoff. *Dissert.* Bern (Prof. Kohlschütter).

132. Herzfeld (E.) und Klinger (R.). Studien zur Chemie und Physiologie der Blutgerinnung. Zürich. Chem. Lab. der med. Klinik und Hygiene-Inst. der Univ. — *Biochem. Zeitschr.* **82**. 289.

133. Imhof (A.). Ueber das Wesen der Triboluminescenz. Zürich. — *Physikal. Zeitschr.* **18**. 374.

134. Müller-Hössly (E.). Ein einfacher Saponin-Nachweis. Schaffhausen. Kantonales Lab. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **8**. 113.

135. Nicolet (F.). Contribution à l'étude de la formation de l'ammoniaque dans l'arc électrique. *Thèse.* Genève (Dr Briner).

136. Panchaud (Léon). Tabellen zur Berechnung des Alkohol- und Extraktgehaltes im Biere nach der Formel von Lehmann und Gerum. Genf. Kantonales Lab. — *Zeitschr. ges. Brauwesen* **40**. Nr. 33.

137. Reichinstein (D.). Beitrag zur Kenntnis der Vorgänge in der lichtempfindlichen Selenzelle. Zürich. Physikal. Inst. der Univ. — *Zeitschr. wissenschaftl. Photogr.* **17**. 16.

138. Stadlin (W.). Ueber einen eigentümlichen Fall des Ueberganges eines Oelfarbenanstriches in lösliche Form bei einem Bahnhofneubau. St-Gallen. — *Chem.-Zeitung* **41**. 619.

Septembre

139. Abelin (I.) und Corral (J. M. de). Untersuchungen über den Kohlenhydratstoffwechsel an der überlebenden Hundeleber. Bern. Physiol. Inst. der Univ. — *Biochem. Zeitschr.* **83**. 62.

140. Amann (J.). Quelques modifications à la technique de la réaction d'Abderhalden. Lausanne. — *J. suisse de pharm.* **55**. 510.

141. Baudisch (Oskar) und Klaus (Franz). Die Bedeutung der sogenannten sterischen Hinderung bei biochemischen Prozessen. Einfluss der Kernmethylgruppe. Zürich. — *Biochem. Zeitschr.* **83**. 6.

142. Chaskelis (Paul). Sur une nouvelle méthode de préparation des acides cinnamiques substitués. Sur la 2,6-dinitrobenzylphénylhydrazine. *Thèse.* Genève (Dr Reich).

143. Fikh (Boris). Recherches sur l'électroréduction. *Thèse.* Genève (Prof. Duparc).

144. Günther (Hanns). Das Metallspritzverfahren. Männedorf-Zürich. — *Schweiz. Chem.-Zeitung* **1**. 83. 104.

145. Hartmann (Ad.). Chemische und geologische Verhältnisse der Quellen von Lostorf und anderer Mineralquellen des östlichen Juras. Aarau. — *Mitt. der aargauischen naturf. Ges.* **14**. 52.

146. Herzfeld (E.). und Klinger (R.). Chemische Studien zur Physiologie und Pathologie. Eiweiss-chemische Grundlagen der Lebensvorgänge. Zürich. Chem. Lab. der med. Klinik und Hygiene-Inst. der Univ. — *Biochem. Zeitschr.* **83**. 42.

147. Lüscher (Emil). Ueber Pentammin- und Hexamminsalze mit Imidazol und Trimethylendiamin. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

148. Maggi (H.) und Woker (G.). Osazone aus Formaldehyd-Stärke-Gemischen. Bern. Lab. für physik.-chem. Biol. der Univ. — *Berichte* **50**. 1188.

149. Maggi (H.) und Woker (G.). Der Formaldehyd als negativer Katalysator von Zucker-Reaktionen. Bern. Inst. für physik.-chem. Biol. der Univ. — *Berichte* **50**. 1331.

150. Nussbaumer (Th.). Vergleichende Untersuchungen über den Fettgehalt von frischem Bruch, Strebel, Käsespänen und reifen Käse. Bern-Liebefeld. Milchwirtschaftl. Anstalt. — *Schweiz. Milch-Zeitung* **43**. Nr 76 und *Schweiz. Zentralbl. Milchwirtschaft* **6**. 307.

151. Piccard (A.). L'hypothèse de l'existence d'un troisième corps simple radioactif dans la pleiade Uranium. Zurich. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **44**. 161.

152. Rusicka (L.). Die Totalsynthese des Fenchons. Zürich. Chem. Inst. der Techn. Hochschule. — *Berichte* **50**. 1362.

153. Schnurpfeil (H.). Die Bedeutung des Sulfats in der Glasindustrie während des Krieges. Zürich. *Chem.-Zeitung* **41**. 689.

154. Treadwell (W. D.). Zur Berechnung von Gasgleichgewichten. Zürich. — *Zeitschr. Elektroch.* **23**. 270.

155. Woker (G.) und Maggi (H.). Der Formaldehyd als Hydrogenase-Modell und einige Bemerkungen zur Formaldehyd-Kondensation. Bern. Lab. für physik.-chem. Biol. der Univ. — *Berichte* **50**. 1189.

156. Woker (G.) und Maggi (H.). Zur Theorie des Schardingerschen Enzyms und über wechselseitige Beeinflussung von Reduktoren bei einigen lichtchemischen Versuchen. Bern. Inst. für physik.-chem. Biol. der Univ. — *Berichte* **50**. 1321.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

FÉVRIER 1918

Le 1, brouillard élevé, givre toute la journée.
les 2, 3 et 4, brouillard matin et soir, brouillard élevé dans la journée, givre tout le jour.
le 5, brouillard élevé, givre toute la journée.
6, brouillard et givre le matin.
les 8, 9, 10, 11, 12 et 13, gelée blanche le matin.
le 13, petite pluie à 19 h., 21 h. et dans la nuit.
15, violente bise depuis 14 h.
16, forte bise toute la jonrnée.
les 17 et 18, gelée blanche le matin.
le 20, forte gelée blanche et givre le matin.
21, petite pluie de 14 h. 30 à 17 h. 30.
les 22 et 24, faible gelée blanche et brouillard le matin.
le 25, brouillard le matin, forte bise le soir.
26, très forte bise le matin.
27, forte gelée blanche le matin, pluie dans la nuit.
28, pluie à 7 h. et de 17 à 22 h., neige dans la nuit.

GENÈVE — FÉVRIER 1918

Jour du mois	Température 7 ½	Température 13 ½	Température 21 ½	Température Moyenne 8 obs.	Température Ecart av. la norm.	Température Min.	Température Max.	Fraction de saturation en 0/0 7 ½	Fraction de saturation 13 ½	Fraction de saturation 21 ½	Fraction de saturation Moyenne 8 obs.	Fraction de saturation Ecart av. la norm.	Fraction de saturation Min.	Fraction de saturation Max.	Tempér. du Rhône Midi	Tempér. du Rhône Ecart av. la norm.	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm
1	− 2.2	−1.4	−1.7	−1.73	−2.18	− 3.0	−0.6	96	96	96	96	+12	91	99	3.9	−0.9	1240
2	− 2.5	−1.6	−1.4	−1.98	−2.49	− 3.2	−1.2	97	96	96	96	+12	92	98	3.9	−0.9	1235
3	− 3.0	−2.3	−3.0	−2.62	−3.20	− 4.0	−1.6	96	94	96	96	+12	92	98	—	—	1215
4	− 3.4	−1.5	−1.7	−2.30	−2.95	− 4.2	−0.9	96	98	96	**97**	**+13**	92	99	3.8	−1.0	1215
5	− 2.4	−1.4	−0.5	−1.51	−2.23	− 3.2	−0.4	96	92	90	94	+10	88	98	3.7	−1.1	1205
6	− 1.4	2.0	2.0	1.05	+0.25	− 1.8	5.7	97	72	93	89	+ 5	69	98	4.1	−0.7	1195
7	3.1	13.0	4.6	6.56	**+5.69**	2.0	13.6	81	45	77	70	−13	41	91	4.5	−0.3	1195
8	− 0.6	13.7	6.5	4.88	+3.93	− 1.0	**14.2**	92	43	63	72	−11	40	94	4.3	−0.5	1175
9	2.6	9.8	3.8	5.15	+4.12	1.2	12.8	90	62	90	78	− 5	54	95	4.4	−0.5	1160
10	− 0.4	11.4	2.4	3.69	+2.58	− 1.0	12.3	96	56	93	84	+ 1	51	97	—	—	1165
11	− 1.6	6.6	2.8	2.70	+1.50	− 2.3	8.2	92	60	86	80	− 3	55	96	4.4	−0.5	1145
12	− 2.0	7.0	2.9	2.66	+1.38	− 2.8	9.6	93	46	83	75	− 8	40	95	4.3	−0.6	1150
13	− 2.2	9.7	8.0	4.40	+3.03	− 3.0	13.9	96	53	67	72	−10	47	97	4.3	−0.6	1130
14	4.8	6.9	5.2	5.91	+4.45	4.4	7.9	87	75	78	80	− 2	72	91	4.4	−0.5	1125
15	2.2	4.8	−1.0	2.33	+0.78	− 1.8	5.7	75	53	58	**65**	**−17**	50	80	5.0	0.0	1115
16	− 5.2	−2.5	−3.7	**−3.52**	**−5.16**	− 6.0	−1.2	46	68	87	67	−15	44	96	3.4	−1.6	1135
17	− 5.7	−1.2	−1.2	−3.15	−4.89	**− 8.0**	1.2	93	92	72	86	+ 4	65	97	—	—	1105
18	− 6.6	−0.2	−2.4	−2.53	−4.36	− 6.9	1.8	91	78	92	84	+ 3	70	96	4.2	−0.8	1095
19	− 5.2	0.6	−2.8	−2.37	−4.30	− 6.8	1.8	93	84	94	93	+12	81	98	3.8	−1.3	1070
20	− 7.0	2.4	−1.0	−1.63	−3.66	− 7.5	5.2	94	93	73	81	0	**25**	98	4.2	−0.9	1050
21	− 3.4	7.8	4.2	1.76	−0.37	− 5.1	8.3	80	48	80	70	−11	43	84	4.3	−0.8	1045
22	0.3	8.8	6.4	5.01	+2.78	− 0.3	10.8	96	41	56	70	−10	37	98	4.4	−0.8	1045
23	4.2	10.3	6.8	**7.08**	+4.75	3.8	11.2	79	58	78	70	−10	56	87	4.8	−0.4	1010
24	0.2	6.6	3.7	3.71	+1.27	− 0.5	8.6	94	77	94	87	+ 7	70	96	—	—	1005
25	2.0	4.0	4.5	3.50	+0.96	0.9	6.2	100	97	77	93	+13	75	100	4.9	−0.4	1010
26	2.8	4.4	1.5	3.44	+0.79	0.0	6.6	66	62	76	**65**	−15	51	82	4.6	−0.7	1030
27	− 3.4	10.0	3.6	2.60	−0.16	− 4.0	11.0	93	48	76	69	−10	40	87	5.0	−0.3	985
28	2.8	7.3	5.2	4.66	+1.79	0.3	8.2	80	65	81	75	− 4	57	86	5.0	−0.4	975
Mois	−1.19	4.82	1.91	1.70	+0.10	−2.28	6.39	89	70	82	80	− 2			4.32	−0.64	1115

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 1/2	13 1/2	21 1/2	Dominant	V. moy. km/h.	Nébulosité 7 1/4	13 1/2	21 1/2	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nomb. d'heur.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h.	mm	
1	39.7	39.5	40.5	39.73	+12.28	39.1	40.8	SE 1	SE 1	E 0	SE 1	2.2	10	10	10	10	0 0	....	...
2	40.9	40.6	39.7	40.45	+13.04	39.5	41.4	SE 1	SE 0	SE 1	calme	1.1	10	10	10	10	0.0	....	...
3	38.2	36.9	36.9	37.59	+10.23	35.8	39.6	SE 0	SE 1	SE 1	SE 1	2.0	10	10	10	10	0.0	....	....
4	36.4	35.3	34.9	35.71	+ 8.40	34.6	37.2	SE 1	SW 0	SE 0	SE 1	1.9	10	10	10	10	0.0	....	....
5	33.8	32.7	32.6	33.15	+ 5.89	32.1	34.8	SE 0	SE 1	SE 1	calme	0.9	10	10	10	10	0.0	....	....
6	33.4	33.9	34.4	33.64	+ 6.37	32.7	34.7	SE 1	NNE 1	NNE 1	NNE 1	2.2	10	9	3	8	0.8	...	....
7	34.2	33.4	33.0	33.66	+ 6.50	32.3	34.7	W 1	SSW 1	SW 1	SW 1	2.0	6	1	0	3	6.2	...	....
8	32.1	31.1	31.5	31.67	+ 4.56	30.2	32.9	SW 1	SW 1	N 1	var.	1.9	0	0	2	2	7.5	...	....
9	33.0	33.2	35 5	33.46	+ 6.41	31.6	36.5	NNE 1	E 1	NW 1	var.	1.9	0	8	0	4	2.2	....	....
10	38.1	39.3	40.4	38.83	+11.83	36.5	40.8	SW 0	SSW 0	NNE 0	calme	0.8	0	0	0	0	7.9	....	....
11	41.1	40.1	39.6	40.37	+13.43	39.1	**41.8**	NNE 0	NNE 1	NNE 1	calme	0.6	0	0	0	0	7.7	....	....
12	38.6	37.6	36.0	37.73	+10.85	35.9	39.9	NNE 0	NNE 1	NNE 1	calme	0.9	0	0	0	0	7.8	....	...
13	34.6	32.3	30.6	38.17	+11.35	30.1	36.3	NNE 0	SSW 0	SSW 0	calme	0.5	0	1	10	5	5.3	0.2	2
14	29.2	28.9	30.3	29.49	+ 2.73	28.5	30.5	S 0	NNE 1	NNE 1	NNE 1	2.6	9	9	0	6	1.9	....	....
15	32.1	31.4	30.2	31.07	+ 4.37	29.7	32.5	NNE 1	NNE 2	NNE 4	NNE 3	**30 4**	8	0	0	2	7.8	....	....
16	27.6	27.5	28.4	28.11	+ 1.47	27.0	29.7	NNE 3	NNE 2	NNE 1	NNE 2	21.7	7	0	0	3	6.8	....	...
17	29.0	28.3	28.9	28.75	+ 2.17	27.6	29.3	SW 0	N 1	NNE 1	NNE 1	2.4	9	1	0	2	7.7	....	....
18	29.4	27.5	26.2	27.89	+ 1.37	26.0	29.5	E 0	NNE 1	NNE 1	calme	1.1	1	0	0	0	**8.5**	....	....
19	27.4	27.5	29.0	27 63	+ 1.17	26.5	29.5	SW 0	SW 0	SW 0	calme	0.7	10	2	0	4	4.1	....	....
20	31.9	31.8	32.7	31.70	+ 5.31	29.5	33.2	SW 0	NNE 0	SSW 0	calme	0.6	0	0	0	0	7.0	...	....
21	33.5	34.3	36.2	34.41	+ 8 08	33.0	36.8	SSW 0	W 1	SE 1	calme	0.9	2	10	9	8	0.4	0.6	3
22	38.4	39.6	40.1	38.94	+12.67	36.7	40.3	SSW 0	NNE 0	SSE 1	calme	0.8	10	8	10	9	6.2	....	....
23	40.8	40.2	41.0	**40.76**	**+14.56**	40.0	41.4	SE 0	NNE 1	E 0	calme	1.4	9	0	0	2	8.4	....	....
24	39.6	37.9	36.9	38.44	+12.30	36.3	40.9	SSW 0	NNE 0	NE 1	calme	1.6	7	9	0	4	3.7	....	....
25	34.5	33.1	33.3	34.20	+ 8.12	32.5	37.4	NNW 0	NNE 1	NNE 2	NNE 1	4.3	10	10	3	8	0.0	....	....
26	36.5	38.5	39.2	37.57	+11.56	34.7	39.4	NNE 4	NNE 3	SSW 1	NNE 2	23.0	8	3	0	4	5.5	....	....
27	37.3	34.5	31.3	35.08	+ 9.13	30.0	39.1	SSW 0	NNE 0	E 0	calme	0.9	0	2	0	3	6.7	0.5	2
28	24.9	20.4	15.1	**21.60**	**– 4.29**	**14.2**	30.0	NNE 0	SSW 1	SSW 1	SSW 1	2.7	9	9	10	9	0.2	**8.7**	**13**
Mois	34.51	33.84	33.73	34.10	+ 7.26							4.07	5.9	4.7	3.4	4.9	120.3	10.0	20

MOYENNES DE GENÈVE — FÉVRIER 1918

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700 +

Heure	1 ½	4 ½	7 ½	10 ½	13 ½	16 ½	19 ½	22 ½	Moyenne
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	35.95	35.79	35.99	36.24	35.60	35.11	35.64	36.00	35.79
2e »	32.19	32.00	32.07	32.27	31.30	30.50	31.05	31.34	31.59
3e »	36.51	35.96	35.69	35.84	34.81	33.91	34.13	34.15	35.13
Mois	34.77	34.48	34.51	34.71	33.84	33.12	33.57	33.81	34.10

Température

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	–0.46	–0.90	–1.02	0.97	4.17	3.33	2.13	0.73	1.12
2e »	–1.45	–2.44	–2.85	0.43	3.41	4.47	2.29	–0.02	0.48
3e »	1.60	0.69	0.69	4.43	7.40	7.37	5.46	4.13	3.97
Mois	–0.22	–1.00	–1.19	1.76	4.82	4.89	3.14	1.43	1.70

Fraction de saturation en %

1re déc.	92	93	94	86	75	80	86	90	87
2e »	84	86	86	78	70	63	77	81	78
3e »	82	86	86	70	62	63	74	78	75
Mois	86	89	89	79	70	69	79	83	80

Dans ce mois l'air a été calme 446 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{72}{14} = 5.14$

Moyennes des 3 observations (7 ½, 13 ½, 21 ½)

		mm
Pression atmosphérique		34.03
Nébulosité		4.7
Temp.	$\frac{7\,½ + 13\,½ + 21\,½}{3}$	1°.85
Temp.	$\frac{7\,½ + 13\,½ + 2 \times 21\,½}{4}$	1°.86
Fraction de saturation		80 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphérique	(1836-1875)	26.84
Nébulosité	(1847-1875)	6.7
Hauteur de pluie	(1826-1875)	36.5
Nombre de jours de pluie	»	8
Temp. moyenne	»	1°.60
Fract. de saturation	(1849-1875)	82 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	Céligny	Collex	Chambésy	Châtelaine	Satigny	Athenaz	Compesières
Hauteur d'eau en mm	16.1	11.3	12 3	11.0	12.0	12.3	13.7

Station	Veyrier	Observatoire	Cologny	Puplinge	Jussy	Hermance
Hauteur d'eau en mm	12.9	10.0	8.1	?	?	9.2

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS DE

FÉVRIER 1918

Les 14 et 25, brouillard toute la journée.
les 22 et 23, brouillard une partie de la journée.
les 22 et 23, forte bise.

Remarques. — 1° Durant toute la période de 36 jours, du 24 janvier au 28 février, il n'y a eu que deux jours sans soleil les 14 et 28 février.

2° L'écart entre les hauteurs de neige et de pluie notées aux deux pluviomètres, à la date du 13 février, est dû sans doute aux condensations formées sur ces appareils durant la belle période qui avait commencé le 24 janvier.

3° L'hygromètre enregistreur n'ayant pas fonctionné durant ce mois, les colonnes des minima et des maxima de la fraction de saturation sont vides, sauf les *extrêmes* pris sur les observations directes.

GRAND SAINT-BERNARD — FÉVRIER 1918

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm +							Vent								Nébulosité			
	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 3 obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	7 1/2		13 1/2		21 1/2		Dominant		7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 3 obs.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm												
1	71.7	72.2	72.8	72.2	+11.8	71.4	72.9	SW	0	SW	1	SW	1	SW	1	0	0	0	0
2	71.6	72.9	73.0	72.5	+12.1	71.4	73.0	SW	0	NE	0	SW	1	SW	1	0	0	0	0
3	71.3	70.8	70.1	70.7	+10.3	69.2	72.6	SW	1	SW	1	SW	1	SW	1	1	0	0	0
4	68.9	68.1	68.6	68.5	+ 8.2	67.8	69.2	SW	0	SW	0	SW	1	SW	1	1	0	0	0
5	67.5	67.5	67.9	67.6	+ 7.3	67.3	68.0	SW	0	SW	1	SW	1	SW	1	0	0	0	0
6	68.0	68.2	68.8	68.3	+ 8.0	68.0	68.9	SW	0	SW	2	SW	0	SW	1	10	10	2	7
7	68 5	68.5	68.8	68.6	+ 8.4	68.3	68.9	SW	0	NE	1	SW	0	NE	1	0	2	0	1
8	67.8	67.9	67.9	67.9	+ 7.7	67.6	68.2	NE	0	NE	0	NE	0	calme		0	0	0	0
9	67.5	68.1	70.4	68 7	+ 8.5	67.3	71.3	NE	1	NE	1	NE	1	NE	1	0	2	0	1
10	71 9	73.4	74.6	73.3	+13.2	71.3	74.7	NE	0	NE	0	NE	0	calme		3	0	0	1
11	74.4	74.8	74.1	**74.4**	**+14.3**	73.4	**74.9**	NE	0	NE	0	NE	1	NE	1	0	1	1	1
12	72.2	71.9	71.0	71.7	+11.6	69.5	73.4	NE	0	NE	1	NE	0	NE	1	0	0	0	0
13	69.0	67.5	65.0	67.2	+ 7.2	64.2	69.5	NE	0	NE	0	NE	1	NE	1	0	0	1	0
14	63.1	62.7	63.4	63.1	+ 3.1	62.5	64.2	NE	1	NE	2	NE	1	NE	1	10	10	10	10
15	64.2	62.8	59.8	62.3	+ 2.3	57 9	64.4	NE	1	NE	0	NE	1	NE	1	0	0	0	0
16	56.8	57.0	58.4	57.4	– 2.5	56.6	58.5	SW	2	NE	1	NE	2	NE	1	10	1	0	4
17	57.1	57.7	60.4	58.4	– 1.5	57.0	60.7	NE	0	NE	1	NE	0	NE	1	0	3	2	2
18	60.9	60.0	59.2	60.0	+ 0.1	59 0	61.1	SW	0	NE	1	SW	1	var.		0	0	0	0
19	58.6	59.2	61.1	59.6	– 0.3	58.4	61.8	NE	0	NE	1	NE	1	NE	1	0	1	0	0
20	62.2	63.3	65.3	63.6	+ 3.8	61.8	65.5	NE	0	NE	2	NE	1	NE	1	0	0	0	0
21	65.7	66.8	68.3	66.9	+ 7.1	65.5	68.5	NE	0	NE	1	NE	0	NE	1	0	2	10	4
22	68.7	69.9	72.1	70.2	+ 9.4	68.5	72.2	NE	2	NE	2	NE	3	NE	2	10	8	9	9
23	72.2	73.2	74 6	73.3	+13.5	72.1	74.7	NE	3	NE	3	NE	2	NE	3	10	3	0	4
24	74.4	73.6	72.3	73.4	+13.6	71.1	74.6	NE	0	NE	0	NE	0	calme		1	0	0	0
25	67.5	65.3	65.1	66.0	+ 6.3	65.0	71.1	NE	1	NE	1	NE	2	NE	1	10	10	10	10
26	67.4	70.5	71.7	69.9	+10.2	65.4	71.8	NE	0	SW	0	SW	1	SW	1	0	1	0	0
27	69.1	67.6	65.0	67.2	+ 7 5	63.3	71.0	NE	1	NE	1	NE	0	NE	1	0	0	0	0
28	60.7	56.5	53.2	**56.8**	**– 2.9**	**53.0**	63 3	NE	0	SW	2	SW	2	SW	2	3	10	10	8
Mois	67.10	67.07	67.25	67.14	+6.90									.		2.5	2.3	2.0	2.3

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %						Pluie et Neige			
	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.	Min.	Max.	Ancien Pluie	Ancien pluv. Neige	Nouv. Pluie	Nouv. pluv. Neige
	°	°	°	°	°	°	°							mm	cm	mm	cm
1	− 7.9	− 4.7	− 7.8	− 6.8	+ 2.3	− 9.2	− 4.3	63	58	67	63	..	..	....	...	....	....
2	− 7.5	− 4.0	− 7.0	− 6.2	+ 2.9	− 9.8	− 3.8	50	50	57	52	..	..	....	...	....	....
3	− 7.4	− 5.6	− 8.4	− 7.1	+ 2.0	− 9.0	− 5.0	50	53	60	54	..	..	....	...	....	....
4	− 7.7	− 4.2	− 7.4	− 6.4	+ 2.6	−10.0	− 3.0	52	43	48	48	..	..	....	....	....	....
5	− 7.0	− 4.9	− 6.6	− 6.2	+ 2.8	− 8.0	− 4.6	47	48	57	51	..	..	....	....	....	....
6	− 6.2	− 3.8	− 5.5	− 5.2	+ 3.8	− 6.7	− 3.0	45	47	56	49	..	..	....	....	....	....
7	− 6.6	− 4.0	− 4.0	− 4.9	+ 4.1	− 7.2	− 3.2	75	58	49	61	..	.	....	....	....	...
8	− 2.2	2.7	− 3.0	− 0.8	+ 8.2	− 4.2	2.8	75	69	84	76	..	.	....	....	....	....
9	− 6.0	− 3.0	− 5.2	− 4.7	+ 4.3	− 6.7	− 2.8	90	77	85	84	..	..	....	....	....	....
10	− 2.4	− 1.9	− 2.0	− 2.1	+ 6.9	− 5.6	1.3	35	47	35	39	..	..	....	....	....	....
11	− 3.0	− 0.5	− 2.4	− 2.0	+ 6.9	− 3.0	2.6	34	33	45	37	..	..	....	....	....	....
12	− 2.7	1.1	− 2.7	− 1.4	+ 7.5	− 4.0	2.0	43	44	47	45	..	..	....	....	....	....
13	− 3.9	− 1.9	− 7.2	− 4.3	+ 4.6	− 7.3	− 1.0	41	42	87	57	..	..	7.0	2	**23.5**	2
14	− 7.4	− 5.2	− 7.6	− 6.7	+ 2.1	− 8.1	− 5.0	99	96	99	98	..	100	...	....	....	....
15	−11.6	− 8.4	−14.4	−11.5	− 2.7	−15.2	− 8.0	90	42	70	67	..	..	....	....	....	....
16	−18.7	−17.7	−18.2	**−18.2**	**− 9.4**	**−21.0**	−15.0	98	65	67	77	..	..	....	....	....	....
17	−14.2	− 8.6	−11.0	−11.3	− 2.5	−19.2	− 7.8	49	43	56	49	..	..	....	....	....	....
18	−10.2	− 5.4	−10.0	− 8.5	+ 0.2	−12.0	− 5.0	80	60	73	71	..	..	....	....	....	....
19	−12.5	− 7.7	−12.4	−10.9	− 2.2	−13.0	− 7.0	76	75	84	78	..	..	....	....	....	....
20	−13.6	− 9.2	−10.0	−10.9	− 2.3	−15.0	− 8.7	65	59	44	56	..	..	....	....	....	....
21	− 7.4	− 6.2	− 6.6	− 6.7	+ 1.9	−10.5	− 6.0	35	54	95	61	..	..	3.0	6	6.6	10
22	− 9.6	− 7.2	− 6.2	− 7.7	+ 0.8	−10.2	− 6.0	99	100	99	**99**	..	100	6.5	10	12.5	13
23	− 5.7	− 0.5	− 2.6	− 2.9	+ 5.6	− 6.3	1.0	97	90	76	88	..	..	....	....	....	....
24	− 1.0	5.6	0.7	**1.8**	**+10.3**	− 3.2	**6.0**	38	24	34	**32**	**24**	..	....	....	....	....
25	− 3.2	− 5.0	− 7.6	− 5.3	+ 3.1	− 8.8	0.0	100	99	99	99	..	100	4.0	4	12.3	10
26	−10.5	− 4.8	− 4.7	− 6.7	+ 1.7	−11.8	− 2.6	97	55	35	62	..	..	....	....	....	....
27	− 6.4	− 4.4	− 5.7	− 5.5	+ 2.8	− 7.0	− 3.5	46	57	70	58	..	..	....	....	....	....
28	− 7.7	− 6.6	− 8.5	− 7.6	+ 0.7	− 9.0	− 4.2	63	96	98	86	..	..	**9.0**	**21**	17.5	**35**
Mois	−7.51	−4.50	−6.93	−6.31	+2.30	−9.32	−3.35	65	60	67	64			29.5	43	72.4	70

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD — FÉVRIER 1918

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — $0^{mm}.22$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + / Fraction de saturation en %

Heure	7 1/2 mm	13 1/2 mm	21 1/2 mm	Moyenne mm	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moy.
1re décade	69.47	69.76	70.29	69.83	58	55	60	58
2e »	63.85	63.69	63.77	63.77	67	56	67	63
3e »	68.21	67.93	67.79	67.98	72	72	76	73
Mois	67.10	67.07	67.25	67.14	65	60	67	64

Température

Heure	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne $\frac{7\,1/2 + 13\,1/2 + 21\,1/2}{3}$	Moyenne $\frac{7\,1/2 + 13\,1/2 + 2 \times 21\,1/2}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	– 6.09	– 3.34	– 5.69	– 5.04	– 5.20
2e »	– 9.78	– 6.35	– 9.59	– 8.57	– 8.83
3e »	– 6.44	– 3.64	– 5.15	– 5.08	– 5.10
Mois	– 7.51	– 4.50	– 6.93	– 6.31	– 6.47

Dans ce mois l'air a été calme 440 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{45}{19} = 2.37$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	Grand St-Bernard Anc. P.	Grand St-Bernard Nouv. P.
Eau en mm . .	5.4	0 0	4.1	29.5	72.4
Neige en cm . .	0	0	6	43	70

SUR LA RELATIVITÉ

PAR

L. DE LA RIVE

(Avec 2 fig.)

La relativité est devenue, depuis que la théorie d'Einstein a pris dans la physique actuelle une place dont de nouvelles recherches confirmeront probablement l'importance, un objet d'études à la fois scientifiques et psychologiques auxquelles on ne saurait se soustraire. Les considérations que je réunis ici me sont suggérées par une certaine difficulté que l'on rencontre en cherchant à préciser des notions plus ou moins nouvelles et à se rendre compte de la part qu'il faut faire au réel et au fictif dans les conclusions.

C'est le terme d'*absolu* qui est la contre-partie de celui de *relatif,* mais ce mot peut impliquer une absence de toute limite qui n'est le propre d'aucune de nos connaissances. Il faut exclure ici ce sens trop général, et comprendre qu'il ne s'agit que de l'absence de toute dépendance du phénomène observé, d'autre chose que de la représentation que notre perception nous en fournit. La vitesse du vol d'un oiseau qui passe devant nous possède ce caractère d'absolu, parce qu'elle est la représentation directe de la perception due au sens de la vue.

Helmholtz a défini les quelques principes du processus des perceptions visuelles dans la formation de la représentation des

objets[1] et, en particulier, a formulé la règle suivante : « Nous nous figurons toujours l'existence dans le champ visuel d'objets tels qu'ils devraient s'y trouver pour produire la même impression sur l'appareil nerveux lors de l'exercice normal et ordinaire de l'œil. » On peut donc, en se fondant sur cette règle, affirmer que nos représentations visuelles ont le caractère d'absolu défini plus haut. Mais, d'autre part, Helmholtz désigne les actes psychiques de la perception ordinaire sous le nom de jugements inconscients et il ajoute : « Ces jugements inconscients par lesquels nous remontons de la sensation à sa cause appartiennent à ce qu'on appelle les jugements par induction et, comme ces inductions inconscientes ne sont pas des actes psychiques de la pensée libre et consciente, ils s'imposent nécessairement et nous ne pouvons pas nous en affranchir par une connaissance raisonnée des faits. »

Il nous arrive en effet de prendre pour une représentation absolue d'un phénomène ce qui n'est que relatif, et l'illusion persiste, bien que nous sachions que cette représentation n'est pas l'expression de la réalité. Le mouvement apparent d'objets immobiles dû à notre propre déplacement plus ou moins inconscient est une illusion de ce genre. Vus de la fenêtre du train en marche, les poteaux télégraphiques s'enfuient en sens inverse ; l'intervention énergique de la pensée libre aidée du cahotement et du roulement du wagon réussit par moments à nous désillusionner, mais dès que nous cessons d'être sur nos gardes, le mouvement de la voie redevient réel ; l'exercice normal de l'œil suppose notre corps immobile et la représentation des objets, à laquelle il est difficile de se soustraire, nous les impose animés d'une vitesse contraire à celle qui nous entraîne. En observant les oiseaux dont le vol parallèle à la voie leur fait tantôt dépasser le train, tantôt les laisse reculer, nous réalisons la modification de vitesse due à celle du système des coordonnées auquel nous appartenons. Cette expérience suffit pour nous convaincre que, scientifiquement, le mouvement relatif est le seul qu'il soit possible de constater, et que notre immobilité n'est que la participation au mouvement de ce qui nous entoure. Le mouvement

[1] *Optique physiologique*, traduction Javal et Klein, p. 563.

de la Terre sur son orbite, avec une vitesse de trente kilomètres par seconde en est la preuve.

Ceci admis, il n'en est pas moins une question qui se pose : La vitesse absolue et le repos absolu existent-ils? Etant donnée notre notion de la vitesse, et ici il faut prendre absolu dans un sens complet, il faut admettre que le mouvement existe ou n'existe pas, et que dans ce cas le repos est absolu. Le mouvement nous apparaît comme une propriété de la matière susceptible de tous les degrés d'intensité, et je crois que la réponse est affirmative. Supposons en effet un grand nombre de points en mouvement avec des vitesses parallèles entre elles; les vitesses relatives de ces points par rapport à l'un d'entre eux, A, varient de $-\infty$ à $+\infty$. Quelle que soit la vitesse absolue de A, un certain point B aura une vitesse égale et contraire à cette vitesse absolue, puisque la vitesse relative passe par toutes les valeurs possibles; il sera donc en repos absolu. Il est certain que l'énergie cinétique d'un corps dépend dans sa totalité de sa vitesse absolue, et il est permis de se demander si cette énergie totale joue un rôle dans les phénomènes du mouvement. Sur la surface de la terre, par exemple, les corps possèdent une vitesse incomparablement plus grande que toutes celles que nous leur voyons prendre et qui sont relatives. Mais il est aisé de s'assurer théoriquement que cette vitesse commune ne joue aucun rôle dans le choc de deux corps, et que tout se passe comme si elle n'existait pas. Seules les deux vitesses relatives qu'on suppose différentes entrent en ligne de compte. Il semble donc qu'on a raison d'affirmer qu'une vitesse uniforme commune n'est en quelque sorte que potentielle.

Nous prenons deux systèmes d'axes de coordonnées, S et S' ; l'axe des x est le même et le plan des xy coïncide avec celui des $x'y'$. Pour simplifier et en tenant compte de l'identité de ce qui concerne l'axe des y et l'axe des z, il suffit de considérer le plan xy. L'origine O' de S' se meut avec une vitesse s sur l'axe des x dans le sens positif, et les deux origines coïncident à l'instant t égal à zéro. Le système S est donc supposé immobile et le système S' en mouvement.

Proposons-nous le problème suivant : Le mouvement d'un point est défini dans S par les équations :

$$x = kt \qquad y = k't$$

que devient ce mouvement dans S′ ?

Les équations de transformation sont :

(1) $$x' = x - vt \qquad y' = y$$

et par conséquent celles du mouvement dans S′ sont :

$$x' = (k - v)\,t \qquad y' = kt\ .$$

On pourrait aussi chercher ce que deviennent les composantes dans S′ étant données celles du mouvement dans S, ce qui ferait obtenir le même résultat, parce que, d'après la cinématique ordinaire, la résultante des deux vitesses parallèles est leur somme ou leur différence.

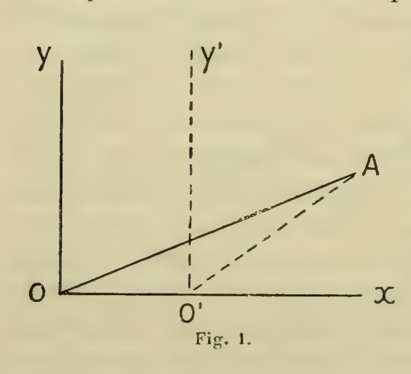


Fig. 1.

Soit A la position du point à l'instant t ; OA est la trajectoire dans S et, pour obtenir celle de S′, nous joignons O′ à A par une ligne droite. Désignons par φ et φ' les angles que font les trajectoires avec OX ;

$$\text{tang}\ \varphi = \frac{k'}{k} \qquad \text{tang}\ \varphi' = \frac{k'}{k - v}\ .$$

La transformation fait donc subir une modification à la trajectoire ; l'angle φ' est plus grand que l'angle φ et, si nous appartenons à S, nous nous en remettons à l'observateur S′ pour le constater. Dirons-nous que cette trajectoire est fictive ? Elle est la trajectoire dans S vue par la fenêtre d'un train en marche. De plus cette trajectoire supposée être celle d'un mouvement dans le systèmes S′ immobile redonnerait la trajectoire voulue dans S qui aurait la vitesse — par rapport à S′.

Nous en venons aux équations d'Einstein ; ce ne sont plus seulement les coordonnées qui prennent des valeurs nouvelles mais aussi le temps :

$$x' = [x - vt]\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad y' = y \quad t' = \left[t - \frac{vx}{c^2}\right]\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

relations qui impliquent les réciproques obtenues en changeant le signe de v

(2) $$x = [x' + vt']\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \quad y = y' \quad t = \left[t' + \frac{vx'}{c^2}\right]\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\ .$$

c est la vitesse de propagation de la lumière.

Soient deux points A et B considérés simultanément dans S', c'est-à-dire avec une même valeur de t' ; la première relation (2) donne :

$$x'_b - x'_a = \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}\left[x_b - x_a\right]\ .$$

Prenons-les sur une droite parallèle à ox, et soient l et l' leurs distances,

$$l' = l\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

la longueur l parallèle à ox, vue de S' est diminuée dans le rapport de

$$1 \text{ à } \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}\ .$$

La troisième relation (2) donne, pour deux points A et B, en désignant par t_1 et t_2 deux instants différents dans S, et par t'_1 et t'_2 les instants correspondants dans S' :

$$\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}\left[t_2 - t_1\right] = t'_2 - t'_1 + v\frac{\left[x'_b - x'_a\right]}{c^2}\ .$$

Supposons en premier lieu qu'il ne s'agisse que d'un seul point et que par conséquent $x'_b - x'_a$ soit nul ; la durée entre deux instants en un même point de S appréciée dans S' subit la même altération que celle de la longueur.

Supposons en second lieu qu'il s'agisse de deux points différents A et B dans le système S pour lesquels un événement est simultané ; $t_2 - t_1$ est nul, mais il n'en est pas de même de t'_2 et t'_1. Il en résulte que la simultanéité de deux événements dans S n'implique pas leur simultanéité dans S'.

Reprenons maintenant le problème de la transformation d'un

mouvement, et servons-nous pour cela des formules qui donnent les vitesses dans S′ en fonctions des vitesses dans S, et qui se déduisent des (2).

Soient u_x, u_y les composantes dans S et u'_x, u'_y ce qu'elles deviennent dans S′ ; on a :

$$u'_x = \frac{u_x - v}{1 - \frac{vu_x}{c^2}} \qquad u'_y = \frac{u_y \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{1 - \frac{vu_x}{c^2}} .$$

D'après les données du mouvement dans S, on a donc :

$$u'_x = \frac{k - v}{1 - \frac{vk}{c^2}} \qquad u'_y = \frac{k' \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{1 - \frac{vu_x}{c^2}} .$$

Représentons, comme nous l'avons déjà fait, la trajectoire dans S, par OA ; la trajectoire dans S′ sera représenté par O′A′ et l'angle φ' est plus petit que dans le cas de la cinématique ordinaire, puisque

$$\operatorname{tang} \varphi' = \frac{k - v}{k'} \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} .$$

En effet la résultante de deux vitesses parallèles n'est plus égale à leur somme ou à leur différence et, ici, au lieu d'être $k - v$, elle est $k - v$ multiplié par $\frac{1}{1 - \frac{kv}{c^2}}$ c'est-à-dire plus grande que $k - v$. Telles sont les modifications de la trajectoire dans S, vue dans S′ ; φ l'angle de la trajectoire est moindre, et les longueurs et la durée subissent des déformations qui, il est vrai, sont infinitésimales, mais, comme il nous reste à voir, elles résolvent le problème de l'expérience négative de Michelson.

La formule de la composition des deux vitesses parallèles offre cette particularité que si l'une des vitesses est égale à c, la résultante reste égale à c. En effet, si dans l'expression

$$\frac{u_x - v}{1 - \frac{u_x v}{c^2}}$$

nous faisions $u_x = c$, nous avons :

$$\frac{c - v}{1 - \frac{v}{c}} \quad \text{ou} \quad c\,\frac{[c - v]}{c - v}.$$

Et cette propriété est générale quelle que soit la direction de la résultante. Supposons qu'à l'instant initial une onde lumineuse soit émise par O et aussi par O'; à l'instant t elle constitue dans S, une onde sphérique de rayon ct et dans S', d'après ce que nous venons de voir, elle constitue une onde sphérique de rayon ct', puisqu'en composant c avec v nous retrouvons c. Or la Terre qui se meut par rapport au Soleil est S' et son mouvement est par conséquent sans influence sur l'onde sphérique lumineuse qui est émise par une source en mouvement aussi. Tout se passe comme si elle était au repos. Resterait à vérifier l'hypothèse que la lumière possède la même vitesse c dans le système S. Mais comment se fait-il que le mouvement terrestre donne lieu à l'aberration des étoiles ? La démonstration donnée par Einstein est indirecte ; la démonstration suivante est peut-être plus satisfaisante. La résultante de c et de v reste c il est vrai, mais elle change de direction.

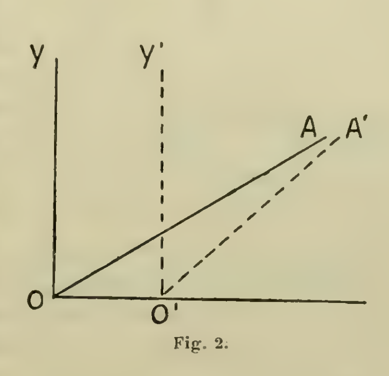


Fig. 2.

Considérons les deux vitesses c et v ; c fait avec oy l'angle φ et v est parallèle à ox. Les deux composantes de c sont $c \sin \varphi$ et $c \cos \varphi$; nous avons donc pour les deux composantes dans S'

$$u'_x = \frac{c \cos \varphi}{1 - \frac{c \cos \varphi \cdot v}{c^2}} \qquad u'_y = \frac{c \sin \varphi \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{1 - \frac{c \cos \varphi v}{c^2}}$$

d'où

$$\operatorname{tang} \varphi' = \frac{c \sin \varphi \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{c \cos \varphi - v}$$

et par conséquent

$$\cos \varphi' = \frac{\cos \varphi - \frac{v}{c}}{1 - \frac{v}{c} \cos \varphi}$$

ce qui est bien la valeur du cosinus de φ'. Ainsi la vitesse de la Terre doit être prise en considération s'il s'agit d'une source lumineuse qui ne participe pas à son mouvement et c'est par une composition de vitesses qu'on explique le phénomène, ce qui laisse subsister la notion de choc.

Pour compléter ces considérations il faudrait donner la démonstration d'où résulte que pour S l'expérience de Michelson est complètement expliquée. Elle s'appuie d'une part sur la contraction de la longueur dans la direction de la vitesse et de l'autre sur le changement d'inclinaison qui donne lieu à l'aberration.

ÉTUDE

DE

L'ACIDE *m*-NITROCINNAMIQUE

BROMÉ DANS LA CHAINE LATÉRALE

PAR

S. REICH

En collaboration avec MM. Agamirian, S. Kœhler, J. Gajkowski et Mlle E. Lubeck.

(Recherches faites au laboratoire de chimie organique de l'Université de Genève)

(Suite et fin).

CHAPITRE III

Sur les acides nitrophényl-tribromopropioniques.

La préparation de ces acides est indiquée par les schémas suivants :

$$\left.\begin{array}{c} NO_2C_6H_4CH = CBrCOOH \\ 116^\circ \\ NO_2C_6H_4CH = CBrCOOH \\ 217^\circ \end{array}\right\} + Br_2 \rightarrow NO_2C_6H_4CHBrCBr_2COOH$$

$$\left.\begin{array}{c} NO_2C_6H_4CBr = CHCOOH \\ 132^\circ \\ NO_2C_6H_4CBr = CHCOOH \\ 184^\circ \end{array}\right\} + Br_2 \rightarrow NO_2C_6H_4CBr_2CHBrCOOH$$

Il faut cependant remarquer que l'acide fusible à 217° ne fixe

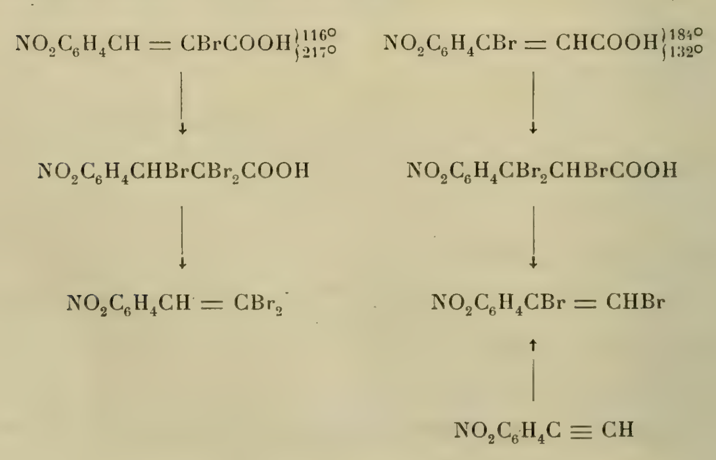
pas le brome directement, mais seulement sous la forme de son sel sodique.

Les deux acides tribromés diffèrent par leur stabilité. L'acide *nitrophényl-α, α, β-tribromopropionique* perd deux atomes de brome lorsqu'on le chauffe à quelques degrés au-dessus de son point de fusion. Dans les mêmes conditions, son isomère, l'acide *α, β, β-tribromé*, reste inaltéré. Les deux acides se dissolvent à froid dans le carbonate de sodium avec formation de solutions claires. Lorsqu'on chauffe ces solutions au bain-marie, elles se troublent d'abord, puis déposent une huile qui est le *m-nitrodibromostyrolène*. Ces réactions répondent aux équations suivantes :

$$NO_2C_6H_4CHBrCBr_2COONa = NO_2C_6H_4CH = CBr_2 + CO_2 + NaBr$$

$$NO_2C_6H_4CBr_2CHBrCOONa = NO_2C_6H_4CBr = CHBr + CO_2 + NaBr .$$

Ce dernier dérivé dibromé du styrolène a été trouvé identique à celui obtenu par bromuration du *m-nitrophénylacétylène*. Comme il n'y a pas de doute que, dans la formation des nitrostyrolènes bromés à partir des acides tribromés, c'est l'atome de brome situé en position β qui est éliminé, on a ainsi une confirmation de l'exactitude de la position que nous avons attribuée au brome dans les acides nitrobromocinnamiques. Cela ressort plus clairement du schéma suivant :



Acide m-nitrophényl-α, α, β-tribromopropionique

$NO_2C_6H_4CHBrCBr_2COOH$.

Ce corps se forme par l'action des vapeurs de brome sur l'acide m-nitro-allo-α-bromocinnamique. Pour le purifier, on le dissout dans le benzène bouillant et on ajoute de la ligroïne jusqu'à ce que la cristallisation commence. Il se forme de petites paillettes brillantes, fondant à 156-157°, très facilement solubles dans l'alcool, l'éther, le chloroforme et l'acide acétique glacial, assez solubles dans le benzène chaud, mais insolubles dans la ligroïne.

Cet acide est peu stable. Un échantillon abandonné longtemps dans le vide se recouvre d'une légère croûte de cristaux soudés entre eux ; en même temps de petites gouttelettes huileuses se déposent. Le produit a subi un abaissement notable de son point de fusion qui descend entre 90° et 150° ; mais, après une seule recristallisation dans un mélange de benzène et de ligroïne, il remonte à sa hauteur primitive.

L'acide en question fond sans décomposition à 157°, mais lorsqu'on dépasse légèrement cette température, on observe le dégagement d'un gaz. En répétant cette expérience avec une quantité plus grande de substance, nous avons pu constater le départ de brome par volatilisation. Après 3 heures de chauffe à 160-180°, la substance est complètement transformée en acide m-nitro-α-bromocinnamique, fondant à 217°. Dans une autre expérience, l'acide a été chauffé pendant 3 heures à 100° sous pression réduite, mais aucun dégagement de brome n'a été observé.

Analyse.

Substance : 0,2070 gr AgBr : 0,2728 gr

Trouvé	Calculé pour $C_9H_6O_4NBr_3$
Br 56,08 %	55,53 %

Ether méthylique de l'acide m-nitrophényl-α, α, β-tribromopropionique.

On obtient ce corps en exposant à l'action des vapeurs de brome l'un ou l'autre des deux éthers m-nitro-α-monobromocinnamiques. Dissous dans la ligroïne à chaud, il cristallise par refroidissement en petits prismes allongés et incolores. Après

plusieurs cristallisations. son point de fusion se maintient entre 107° et 110°. Il est facilement soluble dans l'alcool, l'éther, le chloroforme et l'acide acétique glacial.

Acide m-nitrophényl-α, β, β-tribromopropionique

$NO_2C_6H_4CBr_2CHBrCOOH$.

On obtient cet acide par fixation de deux atomes de brome à l'un ou l'autre des deux acides m-nitro-β-monobromocinnamiques. Purifié par cristallisation dans le benzène, il se présente en aiguilles incolores, groupées en rosettes et fusibles à 165°. Sa solubilité dans l'éther, le benzène, le chloroforme et l'acide acétique est très grande, elle est assez forte dans l'alcool et la ligroïne, très faible dans l'eau chaude. Chauffé une demi-heure à la température de 160-180° il ne subit qu'une décomposition insignifiante; en tout cas, aucun dégagement de brome n'a été observé.

Analyse.

Substance : 0,1392 gr AgBr : 0,1782 gr

Trouvé	Calculé pour $C_9H_6O_4NBr_3$
Br 55,00 %	55,53 %

Ether méthylique de l'acide m-nitrophényl α, β, β-tribromopropionique.

On le prépare par bromuration de l'éther méthylique de l'acide nitro-β-monobromocinnamique. Après plusieurs cristallisations dans l'éther de pétrole, il se dépose sous la forme de petits prismes incolores, fondant à 94-95°, facilement solubles dans l'alcool, l'éther, le benzène et le chloroforme.

CHAPITRE IV

Sur quelques composés a triple liaison.

Acide m-nitrophénylpropiolique.

$NO_2C_6H_4C \equiv CCOOH$.

Pour préparer cet acide, il faut faire agir la quantité théorique de potasse alcoolique sur l'acide m-nitro-α-bromocinnamique

stable (217°). Si l'on fait agir la potasse alcoolique sur l'acide m-nitrophényl-α, β-dibromopropionique en vue d'enlever deux molécules d'acide bromhydrique, on n'obtient pas l'acide nitrophénylpropiolique, car, pour la soustraction totale de l'acide bromhydrique, il est nécessaire de soumettre l'acide dibromé à une action énergique de l'alcali ; mais alors le groupe nitro est également attaqué et on obtient l'acide m-azoxy-phénylpropiolique. La même chose n'a pas lieu lorsque le groupe NO_2 se trouve en ortho ou en para. Les deux acides *ortho- et para-nitrophényl-α, β-dibromopropioniques* soumis à l'action d'un excès d'alcali, même en solution aqueuse, se transforment directement dans les acides nitrophénylpropioliques correspondants[1]. Les atomes de brome des acides nitrophényl-dibromopropioniques sont donc plus mobiles dans les isomères ortho et para que dans l'isomère méta. D'où résulte que l'influence qu'exerce le groupe nitro sur la chaîne latérale est beaucoup plus faible lorsqu'il se trouve en méta qu'en ortho ou para. Qu'il existe une influence du groupe NO_2 en méta sur la chaîne latérale, cela résulte de la comparaison de l'acide m-nitrophénylpropiolique avec l'acide correspondant non nitré. Celui-ci fixe quatre atomes de brome[2] tandis que le dérivé nitré n'en fixe que deux ; il se comporte, sous ce rapport, comme ses isomères ortho-et para-nitrés.

Pour préparer l'acide m-nitrophénylpropiolique, on ajoute à une solution alcoolique à 10 % de l'acide m-nitro-α-bromocinnamique stable la quantité calculée (2 molécules) de potasse alcoolique à 10 %. Le mélange s'échauffe. Il se forme un dépôt semi-solide de nitrobromocinnamate de potassium. On chauffe alors au bain-marie. La réaction progressant, le dépôt de sel disparaît peu à peu et, en même temps, il se forme un précipité de bromure de potassium. Au bout de quatre heures, la réaction est terminée. On éloigne alors la plus grande partie de l'alcool par distillation et on ajoute au résidu un excès d'eau. On obtient ainsi un liquide qui est rendu trouble par la précipitation d'une petite quantité de m-nitrophénylacétylène. On éloigne celui-ci par l'éther et, après avoir acidifié la solution, on extrait l'acide nitrophénylpropiolique par le même dissolvant. La solution éthérée, filtrée et séchée, laisse par évaporation un résidu solide coloré en jaune par des impuretés. L'acide nitrophénylpropiolique ainsi préparé contient toujours un peu d'acide nitrobromocinnamique qui n'est pas entré en réaction. Pour l'en débarrasser, on le dissout dans l'eau bouillante et on

[1] *Ann.*, *212*, 157.
[2] *Ann.*, *143*, 330.

laisse la solution se refroidir lentement. L'acide nitro-bromocinnamique cristallise le premier. On filtre alors rapidement la solution encore tiède. Le filtrat se coagule alors en une gelée blanche, élastique, qui, sous le microscope, apparaît comme un amas de longs filaments cristallins enchevêtrés. On essore à la trompe et, pour chasser l'eau que retiennent fortement les particules cristallines, on sèche à 100°. La substance fond d'abord, mais se solidifie bientôt. Ce produit peut déjà servir de point de départ à la préparation des corps qui en dérivent. Mais, pour en tirer un acide nitrophénylpropiolique tout à fait pur, il faut le dissoudre dans le benzène et ajouter à cette solution de la ligroïne (la proportion la plus favorable est 15 cc de benzène et 10 cc de ligroïne par gramme de substance) : l'acide se dépose alors sous la forme de courtes aiguilles blanches, groupées en rosettes et fondant à 143°. Le rendement n'est qu'environ 60 % du rendement théorique.

Analyse.

Substance : 0,1996 gr CO_2 : 0,4136 gr H_2O : 0,0494 gr

Trouvé	Calculé pour $C_9H_5O_4N$
C 56,50 %	56,52 %
H 2,77 %	2,63 %

L'acide m-nitrophénylpropiolique est aisément soluble dans l'alcool, l'éther, le benzène, le chloroforme et l'acide acétique ; il est peu soluble dans le sulfure de carbone, et insoluble dans la ligroïne. Chauffé avec de l'eau, il fond avant de se dissoudre, en formant au fond du ballon une couche jaunâtre d'aspect huileux. En refroidissant la solution, on obtient le précipité caractéristique décrit plus haut. En solution chloroformique, cet acide fixe facilement deux atomes de brome. Exposé à l'état solide aux vapeurs de brome, il fixe également deux atomes seulement. Il se combine facilement avec une molécule d'acide chlorhydrique ou bromhydrique. Chauffé avec de l'eau dans un tube scellé, il se décompose en anhydride carbonique et nitrophénylacétylène.

Dans le but d'éthérifier l'acide nitrophénylpropiolique, nous l'avons dissous dans l'alcool méthylique et nous avons fait passer dans cette solution un courant d'acide chlorhydrique gazeux. En même temps qu'une éthérification, il s'est produit une fixation d'une molécule d'acide chlorhydrique, de sorte que nous avons obtenu le composé suivant :

Ether méthylique de l'acide m-nitro-β-chlorocinnamique

$$NO_2C_6H_4CCl = CHCOOCH_3 .$$

Ce corps est purifié par plusieurs cristallisations dans l'éther

de pétrole. Il forme des cristaux incolores, fusibles à 113-114° et facilement solubles dans l'alcool, l'éther et le chloroforme.

Dosage du chlore.

Substance : 0,0700 gr AgCl : 0,0432 gr

Trouvé	Calculé pour $C_{10}H_8O_4NCl$
Cl 15,26 %	14,68 %

Les acides ortho- et para-nitrophénylpropioliques, traités par l'alcool et l'acide chlorhydrique, se convertissent en éthers, sans fixer, en même temps, l'acide chlorhydrique.

m-nitrophénylacétylène

$NO_2C_6H_4C \equiv CH$.

Nous avons déjà signalé l'apparition de ce corps au cours de la préparation de l'acide nitrophénylpropiolique. On l'obtient en plus grande quantité par les deux procédés que voici :

1° On chauffe à 150° pendant 5 heures 1 gr d'acide m-nitrophénylpropiolique avec 15 cc d'eau dans un tube scellé. Lorsque, après refroidissement, on ouvre le tube, on trouve au fond une huile brune qui, chauffée à l'air libre, se décompose avec explosion. Néanmoins elle peut être purifiée par distillation sous pression réduite. Il passe alors, à la température de 120° et sous la pression de 11 mm, un liquide incolore, d'odeur agréable qui jaunit avec le temps, même en tube scellé. Par refroidissement, il se prend en cristaux jaunes, fondant à 26°.

2° Le second procédé, plus pratique, de préparation du m-nitrophényl acétylène consiste à enlever l'acide bromhydrique au *m-nitro-bromostyrolène*, $NO_2C_6H_4CH = CHBr$. Dans ce but, on ajoute à la solution alcoolique de ce dernier, la quantité calculée (1 molécule) de potasse alcoolique et on chauffe pendant 4 heures au bain-marie. Ensuite on distille l'alcool, on ajoute de l'eau au résidu pour dissoudre le bromure de potassium et on extrait le nitrophénylacétylène avec de l'éther. Cette solution est séchée sur du chlorure de calcium, puis distillée. L'huile qui reste est purifiée par distillation dans le vide. Il ne faut pas pousser la distillation jusqu'à ce que tout soit passé, car autrement vers la fin, le résidu dans le ballon fait explosion ce qui provoque aussi l'explosion du nitro-phénylacétylène déjà passé. 33 gr de nitro-bromostyrolène ont donné 13 gr de nitro-phényl-acétylène pur, soit 62 % du rendement théorique.

Le m-nitrophényl-acétylène est très facilement soluble dans l'alcool. l'éther, le benzène, le sulfure de carbone, la ligroïne et l'acétone ; par contre, il est insoluble dans l'acide acétique glacial. Sa solution alcoolique donne avec une solution ammoniacale de nitrate d'argent un précipité volumineux, jaune-ver-

dâtre; avec le chlorure cuivreux ammoniacal un précipité gélatineux, de couleur rouge brique, qui ressemble beaucoup à un précipité d'oxyde ferrique.

Si on introduit le m-nitrophénylacétylène dans l'acide sulfurique concentré, il se décompose avec explosion. Néanmoins on peut préparer une solution sulfurique de ce corps en procédant comme suit : On introduit une goutte de nitro-phénylacétylène dans une éprouvette contenant un peu d'acide sulfurique à 80 °/₀ et on chauffe le mélange avec précaution jusqu'à dissolution. Avant d'introduire une nouvelle quantité de nitrophénylacétylène, on a soin de bien refroidir la solution.

Le m-nitrophénylacétylène fixe facilement une molécule d'eau, en se transformant en *m-nitro-acétophénone*. Pour opérer cette réaction, il suffit de verser la solution sulfurique obtenue comme il vient d'être dit dans un excès d'eau. Il se dépose aussitôt un corps blanc qui, après cristallisation dans l'alcool dilué, fond à 81°. Un mélange de ce corps et de m-nitroacétophénone possède le même point de fusion.

Analyse.

Substance : 0,1852 gr CO_2 : 0,4424 gr H_2O : 0,0580 gr

Trouvé	Calculé pour $C_8H_5O_2N$
C 65,13 °/₀	65,27 °/₀
H 3,45 °/₀	3,43 °/₀

Di-m-nitrophényl-diacétylène

$$NO_2C_6H_4C \equiv CC \equiv CC_6H_4NO_2 .$$

Le phénylacétylénure cuivreux est facilement converti par oxydation en diphényl-diacétylène[1]. L'ortho-nitrophénylacétylène est susceptible de la même transformation[2]. tandis que le para-nitrophénylacétylène résiste à cette oxydation[3]. Nous avons constaté que le m-nitrophénylacétylène se comporte comme l'isomère ortho, son sel cuivreux se transforme par l'action oxydante du ferricyanure de potassium en di-nitrophényldiacétylène.

[1] *Ann., 154,* 159.
[2] *Ber., 15,* 57.
[3] *Ann., 212,* 157.

On prépare d'abord le sel cuivreux, en ajoutant du chlorure cuivreux ammoniacal à la solution alcoolique du m-nitrophénylacétylène. Le précipité volumineux qui se forme est essoré à la trompe, lavé à l'eau, puis mis en suspension dans l'eau. On y ajoute une solution de ferricyanure de potassium (1 mol) et une solution de potasse caustique (1 mol) et on laisse reposer 15 heures, en agitant le mélange de temps en temps. Le mélange est ensuite extrait par l'éther, et le résidu solide qui reste après distillation de l'éther, est cristallisé deux fois dans l'alcool. On obtient alors des cristaux jaunes, fusibles à 149-150°.

Microanalyse.

Substance : 5,97 mgr CO_2 : 14,4 mgr H_2O : 1,16 mgr

Trouvé	Calculé pour $C_{16}H_8O_4N_2$
C 65,78 %	65,73 %
H 2,17 %	2,77 %

Dérivé tétrabromé du di-m-nitrophényl-diacétyléine

$$NO_2C_6H_4CBr = CBrCBr = CBrC_6H_4NO_2 \ .$$

Par bromuration du di-m-nitrophényl-diacétylène on obtient un dérivé tétrabromé. Même lorsqu'on expose la substance à une action énergique des vapeurs de brome pendant quatre jours, elle n'en fixe que quatre atomes. Straus[1] a constaté que le diphényl-diacétylène ne peut également se combiner à plus de quatre atomes de brome. Par l'étude des produits d'oxydation, il a démontré que ceux-ci sont fixés aux quatre atomes de carbone :

$$C_6H_5CBr = CBrCBr = CBrC_6H_5 \ .$$

Nous admettons, par analogie, que notre dérivé tétrabromé a une constitution semblable :

$$NO_2C_6H_4CBr = CBrCBr = CBrC_6H_4NO_2 \ .$$

On expose le dinitrophényl-diacétylène, pendant quelque temps, aux vapeurs de brome. Le produit obtenu est purifié par deux cristallisations successives dans l'acide acétique glacial. On obtient le dérivé tétrabromé sous la forme de cristaux brillants, fusibles à 160-161°.

Dosage du brome.

Substance : 0,1160 gr AgBr : 0,1410 gr

Trouvé	Calculé pour $C_{16}H_8O_4N_2Br_4$
Br 51,73 %	52,23 %

[1] *Ann.*, *342*, 190.

CHAPITRE V

ACIDES M-NITRO-α, β-DIBROMOCINNAMIQUES.

Nous avons dit que l'acide m-nitrophénylpropiolique ne fixe que deux atomes de brome. Si l'on opère la bromuration en solution chloroformique, on obtient un mélange de deux stéréoisomères. De ces deux corps, l'un (point de fusion 136°) doit être considéré comme le produit primaire de la réaction ; il a donc la configuration cis (I), l'autre, fondant à 162°, provient d'une transformation ultérieure du premier, c'est donc l'isomère trans (II).

$$\begin{array}{c} NO_2C_6H_4-C-Br \\ \| \\ HOOC-C-Br \\ \text{I} \end{array} \qquad \begin{array}{c} NO_2C_6H_4-C-Br \\ \| \\ Br-C-COOH \\ \text{II} \end{array}$$

Mais si l'on expose l'acide nitrophénylpropiolique à l'état solide à l'action des vapeurs de brome, il ne se forme qu'un seul des deux isomères, celui qui fond à 136°. La transformation de ce corps en son stéréoisomère ne se produit donc pas. Par contre, par exposition de sa solution aux rayons solaires, son isomérisation s'opère facilement.

Acide cis-m-nitro-α, β-dibromocinnamique.

On ajoute à la solution chloroformique de l'acide m-nitrophénylpropiolique un excès de brome dissous dans le même solvant. Après 24 heures, on distille le chloroforme et on dissout le résidu dans le benzène bouillant. Cette solution encore chaude, est additionnée d'un peu de ligroïne. Par refroidissement, il se dépose tout d'abord des aiguilles de l'acide trans-nitro-dibromocinnamique. On filtre alors et, par addition d'une nouvelle quantité de ligroïne, on précipite l'acide cis. Après quelques cristallisations dans un mélange de benzène et de ligroïne, on obtient l'acide cis sous la forme de petits grains blancs cristallins, fondant à 135-136°.

Le stéréoisomère trans ne se forme pas si toutes les opérations sont effectuées dans l'obscurité. Il ne se forme pas non plus lors-

que l'acide nitrophénylpropiolique solide est bromuré par les vapeurs de brome.

L'acide cis métanitro-α, β-dibrocinnamique est facilement soluble dans tous les dissolvants organiques usuels, sauf la ligroïne. En outre, il se dissout facilement dans l'eau chaude.

Il n'est pas capable de fixer le brome. Exposé à l'action des vapeurs de cet élément, il brunit, mais, même après une exposition prolongée, l'accroissement de son poids n'atteint qu'un cinquième de la valeur exigée par la théorie.

Enfin, exposé en solution chloroformique additionnée d'un peu de brome à l'action de la lumière solaire, il se transforme facilement en son stéréoisomère.

Dosage du brome.

Substance : 0,1494 gr AgBr : 0,1606 gr

Trouvé	Calculé pour $C_9H_5O_4NBr_2$
Br 45,75 %	45,56 %

Ether méthylique de l'acide cis-m-nitro-α, β-dibromo-cinnamique.

On prépare cet éther d'après la méthode habituelle. Après avoir été purifié par cristallisation dans la ligroïne, il forme de gros cristaux rhomboédriques, fusibles à 88°. Il est facilement soluble dans tous les solvants organiques habituels.

Par l'action des vapeurs de brome son poids n'est nullement modifié.

Acide trans-m-nitro-α, β-dibromocinnamique.

Il a déjà été question des conditions qui favorisent la formation de ce corps durant l'addition du brome à l'acide m-nitrophénylpropiolique. On l'obtient en outre, en exposant à l'action de la lumière solaire une solution chloroformique à 10-15 % de son stéréoisomère, additionnée d'un peu de brome. La lumière provoque au bout de 24 heures un dépôt abondant de longues aiguilles. On filtre et on dissout le précipité dans le benzène. Par addition de ligroïne, l'acide cristallise en longues aiguilles, groupées en rosettes et fondant à 162°. Ces cristaux sont facilement solubles dans l'alcool, l'éther, le benzène et l'acide acéti-

que glacial ; assez peu solubles dans l'eau chaude et dans le chloroforme ; peu solubles dans la ligroïne.

L'acide trans-m-nitro-α, β-dibromocinnamique n'entre pas en réaction avec le brome. Le poids d'un échantillon soumis pendant trois jours à l'action des vapeurs de brome ne change pas.

Dosage du brome.

Substance : 0,1596 gr AgBr : 0,1708 gr

Trouvé	Calculé pour $C_9H_5O_4NBr_2$
Br 45,54 %	45,56 %

Ether méthylique de l'acide trans-m-nitro-α, β-dibromocinnamique.

Pour purifier ce corps, on le dissout dans le benzène et on ajoute de la ligroïne à la solution froide. L'éther se dépose sous la forme de longues aiguilles nacrées qui fondent à 118-119°. Il est facilement soluble dans tous les dissolvants organiques usuels, sauf la ligroïne.

Il ne fixe pas de brome sous l'action des vapeurs de cet élément.

CHAPITRE VI

Sur quelques dérivés bromés du m-nitrostyrolène.

Voici la liste des composés bromés du m-nitrostyrolène que nous avons préparés :

	Formule	Point de fusion
(2 stéréoisomères)	$NO_2C_6H_4CH = CHBr$	huile et 76-77°
	$NO_2C_6H_4CHBrCHBr_2$	86-87°
(2 stéréoisomères)	$NO_2C_6H_4CBr = CHBr$	50-51° et 79°
	$NO_2C_6H_4CBr_2CHBr_2$	96-97°
	$NO_2C_6H_4CH = CBr_2$	58°
	$NO_2C_6H_4CHBrCBr_3$	87°
	$NO_2C_6H_4CBr = CBr_2$	90°

La comparaison des composés non saturés de cette série montre que leur affinité pour le brome diminue à mesure qu'ils deviennent plus riches en brome. Ainsi :

$NO_2C_6H_4CH = CHBr$	fixe le brome, tant en solution qu'à l'état solide
$NO_2C_6H_4CH = CBr_2$ $NO_2C_6H_4CBr = CHBr$	ne fixent pas le brome en solution, mais seulement lorsqu'ils sont exposés aux vapeurs de cet élément
$NO_2C_6H_4CBr = CBr_2$	ne fixe en aucun cas le brome

Les réactions qui donnent naissance à tous ces composés sont résumées par le tableau suivant :

$NO_2C_6H_4CHBrCHBrCOOH$ —(Na_2CO_3)→ $NO_2C_6H_4CH = CHBr$

$NO_2C_6H_4CH = CHBr$ —($+Br_2$)→ $NO_2C_6H_4CHBrCHBr_2$

$NO_2C_6H_4CHBrCHBr_2$ —($-HBr$)→ $NO_2C_6H_4C \equiv CH$

$NO_2C_6H_4C \equiv CH$ —($+Br_2$)→ $NO_2C_6H_4CBr = CHBr$

$NO_2C_6H_4CBr_2CHBrCOOH$ —(Na_2CO_3)→ $NO_2C_6H_4CBr = CHBr$

$NO_2C_6H_4CBr = CHBr$ —($+Br_2$)→ $NO_2C_6H_4CBr_2CHBr_2$

$NO_2C_6H_4CBr_2CHBr_2$ —($-HBr$)→ $NO_2C_6H_4CBr = CBr_2$

$NO_2C_6H_4CHBrCBr_2COOH$ —(Na_2CO_3)→ $NO_2C_6H_4CH = CBr_2$

$NO_2C_6H_4CH = CBr_2$ —($+Br_2$)→ $NO_2C_6H_4CHBrCBr_3$

$NO_2C_6H_4CHBrCBr_3$ —($-HBr$)→ $NO_2C_6H_4CBr = CBr_2$

m-Nitro-monobromostyrolène

$NO_2C_6H_4CH = CHBr$.

On met en suspension 40 gr d'acide m-nitro-phényl-dibromo-propionique dans 300 cc d'eau et on ajoute 13 gr de carbonate de sodium anhydre. L'acide entre en solution. En chauffant au bain-marie on provoque le dépôt d'une huile. On chauffe encore une demi-heure, puis on reprend l'huile par de l'éther. Cette

solution est séchée sur du chlorure de calcium, puis l'éther est évaporé. Il reste une huile jaune qui, après quelques jours de repos, dépose des cristaux. Ceux-ci sont séparés par filtration, puis purifiés par cristallisation dans l'acide acétique. On obtient des cristaux d'un jaune pâle, fusibles à 76-77°.

Analyse.

Substance : 0,1319 gr CO_2 : 0,2039 gr H_2O : 0,0330 gr

	Trouvé	Calculé pour $C_8H_6O_2NBr$
C	42,16 %	42,11 %
H	2,80 %	2,65 %

L'huile, séparée des cristaux, ne se solidifie pas, même après six mois de repos. C'est le stéréoisomère du corps solide. La théorie prévoit en effet l'existence de deux formes :

$$\begin{matrix} NO_2C_6H_4-C-H \\ \| \\ H-C-Br \end{matrix} \quad \text{et} \quad \begin{matrix} NO_2C_6H_4-C-H \\ \| \\ Br-C-H \end{matrix}$$

L'analyse élémentaire de l'huile donne des chiffres qui concordent parfaitement avec la formule d'un nitro-monobromostyrolène. La stéréoisomérie résulte du fait que les deux composés, l'huile et le corps solide, donnent par bromuration le même produit. L'huile distille dans le vide, avec une légère décomposition. Par l'action de la potasse alcoolique, la forme huileuse perd plus facilement l'acide bromhydrique que la forme solide.

Acide m-nitrobenzoyl-acétique

$NO_2C_6H_4COCH_2COOH$.

La formation des nitro-bromostyrolènes, qui a lieu selon l'équation :

$$NO_2C_6H_4CHBrCHBrCOONa = NO_2C_6H_4CH = CHBr + CO_2 + NaBr ,$$

est accompagnée de réactions secondaires. Celles-ci donnent naissance à un mélange complexe de produits, d'où nous avons pu isoler un corps homogène, que nous supposons être l'acide *m-nitrobenzoyl-acétique,* qui n'est pas encore connu.

La solution aqueuse que l'on obtient après l'extraction du nitro-bromostyrolène par l'éther, est acidifiée. Il se dépose une huile que l'on extrait par l'éther. Cette solution est séchée sur du sulfate de sodium, puis distillée. Il reste une huile visqueuse qui se solidifie partiellement, après plusieurs jours de repos. Le produit est alors pressé sur une assiette poreuse, qui absorbe la partie huileuse, et le reste est purifié par cristallisation dans l'eau bouillante. On obtient ainsi des cristaux blancs, exempts de brome, et dont le point de fusion est voisin de 150°. La fusion se fait avec décomposition et le point de fusion varie suivant que l'on élève la température rapidement ou lentement.

Analyse.

Substance : 0,1154 gr CO_2 : 0,2204 gr H_2O : 0,0368 gr
Substance : 0,1332 gr
Azote : 8,7 cc à 15° et sous 701 mm

Trouvé	Calculé pour $C_9H_7O_5N$
C 52,09 %	51,66 %
H 3,57 %	3,37 %
N 7,01 %	6,70 %

La formation d'un acide nitrobenzoylacétique n'a rien de surprenant. Elle est due probablement à la succession des réactions suivantes :

$$NO_2C_6H_4CHBrCHBrCOONa \longrightarrow NO_2C_6H_4CH(OH)CHBrCOONa$$

$$\longrightarrow NO_2C_6H_4C(OH){=}CHCOONa \longrightarrow NO_2C_6H_4COCH_2COONa$$

m-Nitrophényl-tribrométhane

$NO_2C_6H_4CHBrCHBr_2$.

On dissout le nitrobromostyrolène dans du chloroforme et on ajoute la quantité calculée de brome. La solution s'échauffe et un peu d'acide bromhydrique se dégage. Après quelques heures de repos, on distille le chloroforme. Il reste une huile qui ne tarde pas à cristalliser. Après cristallisation dans l'acide acétique, on obtient des cristaux jaunes, fondant à 86-87°.

Analyse.

Substance : 0,1096 gr CO_2 : 0,1008 gr H_2O : 0,0178 gr
Substance : 0,1530 gr AgBr : 0,2192 gr

	Trouvé	Calculé pour $C_8H_6O_2NBr_3$
C	24,51 %	24,69 %
H	1,77 %	1,88 %
Br	60,97 %	61,64 %

m-Nitro-β-dibromostyrolène

$$NO_2C_6H_4CH = CBr_2 .$$

On dissout l'acide m-nitrophényl-α, β-tribromopropionique dans le carbonate de sodium et on chauffe la solution au bain-marie. Il se dépose une huile qui se solidifie par refroidissement. Par cristallisation dans l'éther de pétrole, on obtient des aiguilles faiblement jaunâtres, groupées en rosettes. Point de fusion 58°.

Dosage du brome.
Substance : 0,1932 gr AgBr : 0,2378 gr

	Trouvé	Calculé pour $C_8H_5O_2NBr_2$
Br	52,37 %	52,76 %

m-Nitro-α, β-dibromostyrolène

$$NO_2C_6H_4—CBr = CHBr .$$

Par bromuration du m-nitrophénylacétylène on obtient deux isomères, conformément aux deux configurations possibles :

```
NO2C6H4—C—Br              NO2—C6H4—C—Br
        ||          et             ||
     H—C—Br                    Br—C—H
```

L'un de ces isomères fond à 50-51°, il correspond probablement à la configuration cis, l'autre qui fond à 79°, possède alors la configuration trans. Le premier se forme, si l'on opère la bromuration en solution diluée, à froid et à l'abri de la lumière. On obtient le second, si l'on n'observe pas toutes ces conditions.

a) *Modification labile, cis.*

On dissout 2 gr de m-nitrophénylacétylène dans 100 cc de chloroforme et on ajoute, à 0° et dans un endroit obscur, une solution chloroformique de la quantité théorique de brome (1 mol). On laisse reposer quelques heures, puis on distille le chlo-

roforme. Il reste une huile qui cristallise peu après. Par cristallisation dans l'éther de pétrole, on obtient des cristaux blancs, fusibles à 50-51°.

Analyse.

Substance : 0,1435 gr CO_2 : 0,1657 gr H_2O : 0,0308 gr

Trouvé	Calculé pour $C_8H_5O_2NBr_2$
C 31,49 %	31,28 %
H 2,40 %	1,64 %

b) *Modification stable, trans.*

Une solution de 2 gr de nitrophénylacétylène dans 25 cc de chloroforme est additionnée de la quantité calculée de brome. Après une demi-heure, on distille le chloroforme. L'huile qui reste se solidifie aussitôt. Purifié par cristallisation dans l'éther de pétrole, on obtient des cristaux, fusibles à 79°.

Analyse.

Substance : 0,1260 gr CO_2 : 0,1481 gr H_2O : 0,0228 gr

Trouvé	Calculé pour $C_8H_5O_2NBr_2$
C 32,31 %	31,28 %
H 2,03 %	1,64 %

Les deux isomères sont facilement solubles dans l'alcool, l'acétone, le chloroforme, le benzène, la ligroïne et le sulfure de carbone et insolubles dans l'acide acétique. La modification stable (79°) est un peu moins soluble que la modification labile.

On obtient en outre la modification stable en traitant l'acide m-nitrophényl-α, β, β-tribromopropionique par le carbonate de sodium.

Les deux modifications donnent par bromuration le même dérivé bromé suivant.

m-Nitrophényl-tétrabrométhane

$NO_2C_6H_4CBr_2CHBr_2$.

La bromuration est opérée par l'action des vapeurs de brome sur les substances solides, les nitrodibromostyrolènes ne pouvant pas fixer le brome en solution. Le produit est purifié par cristallisation dans l'acide acétique. Cristaux incolores, fusibles à 96-97°.

Dosage du brome.

Substance : 0,1489 gr AgBr : 0,2391 gr

Trouvé	Calculé pour $C_8H_5O_2NBr_4$
Br 68,33 %	68,52 %

m-Nitrophényl-tétrabrométhane

$NO_2C_6H_4CHBrCBr_3$.

Ce corps est un isomère du composé précédent. On l'obtient par l'action des vapeurs de brome sur le nitro-β-dibromostyrolène, $NO_2C_6H_4CH = CBr_2$. Il recristallise dans la ligroïne en beaux cristaux transparents, fondant à 87°.

Dosage du brome.

Substance : 0,1511 gr AgBr : 0,2436 gr

Trouvé	Calculé pour $C_8H_5O_2NBr_4$
Br 68,61 %	68,52 %

m-Nitro-tribromostyrolène.

$NO_2C_6H_4CBr = CBr_2$.

L'un et l'autre des deux nitrophényltétrabromoéthanes décrits plus haut, traités en solution alcoolique par la quantité théorique (1 molécule) de potasse, perdent une molécule d'acide bromhydrique pour donner le même composé tribromé. La réaction terminée, on distille l'alcool et on purifie le résidu par cristallisation dans un mélange d'alcool et d'eau. Aiguilles incolores. fusibles à 90°. Ce corps ne fixe pas le brome.

Dosage du brome.

Substance : 0,1422 gr AgBr : 0,2110 gr

Trouvé	Calculé pour $C_8H_4O_2NBr_3$
Br 62,85 %	62,15 %

RECHERCHES

SUR LA

RADIOACTIVITÉ DES EAUX

NEUCHATELOISES ET SEELANDAISES

PAR

H. PERRET et A. JAQUEROD

(Avec 6 figures et 1 planche).

Introduction.

Le nombre des sources qui ont été étudiées au point de vue radioactif est déjà considérable. Les eaux thermales et minérales de quelque renommée sont presque toutes connues. Certaines régions comme la Bohême, la Hesse, la Saxe, ont fait l'objet d'études spéciales ; des centaines de sources y ont été analysées.

Curie, Laborde, Diénert, Blanc en France, Munoz del Castillo en Espagne, Pinto en Portugal, Vicentiti en Italie, Sokolof en Russie, Gockel en Suisse, Boltwood, Eve et Ramsey en Amérique, Isitani et Yamakawa au Japon, etc., etc., se sont principalement occupés de la question.

En général, les études portent sur de vastes régions où les sources analysées sont nécessairement éloignées. Il nous a paru intéressant de nous limiter à une région restreinte et de la « fouiller » aussi complètement que possible. Nous ne croyons pas nous tromper en disant que c'est la première fois que, dans une région aussi petite, des sources aussi nombreuses ont été étudiées.

Dès que nos résultats furent suffisamment nombreux, il nous apparut clairement qu'il était bon de restreindre encore le champ de notre activité, en étudiant, très minutieusement et

parallèlement, deux régions de quelques km^2 seulement. On verra dans la suite que cette seconde étude vint confirmer les conclusions de la première en ce qui concerne la relation entre la radioactivité des eaux et leur provenance. Continuant d'aller du général au particulier, nous nous sommes occupés longuement de l'étude parallèle de deux sources d'une même région, puis de deux sources de régions différentes.

Enfin, nous avons fait de nombreuses analyses pour voir si les eaux contenaient des sels radifères. Un procédé spécial nous a permis d'élucider ce problème délicat.

Pour des raisons qui seront exposées plus loin, nous n'avons recherché ni l'émanation ni les sels du Thorium.

Les problèmes que pose la question de la radioactivité des eaux sont multiples : est-il possible de déceler une répartition géographique de l'activité ? quelle est l'influence des divers facteurs météorologiques, pression atmosphérique, température, précipitation, etc. ? existe-t-il une relation entre l'activité des eaux et la tectonique ?

Comme on le verra par la suite, si certaines relations générales, basées sur des moyennes, ont pu être établies, il s'en faut de beaucoup que tous ces problèmes soient résolus. Nos recherches, d'ailleurs, seront poursuivies et tendront à démêler l'influence des divers facteurs qui entrent ici en jeu.

Nous remercions très vivement M. le professeur Argand des conseils et des directions qu'il a bien voulu nous donner concernant le côté géologique de la question.

1. Méthode générale.

L'appareil dont nous nous sommes servis reste fixe. Cela lui donne de précieux avantages dont nous parlerons dans la suite. Par contre, il est impossible de faire des recherches sur des émanations de courte période, celle du thorium par exemple. C'est pour cette raison que nos travaux ne portent que sur l'émanation du radium. Les eaux ont été prélevées en plongeant tout simplement une bouteille dans le lit de la source[1]. Il se produit

[1] Au besoin, le lit de la source était creusé préalablement, pour que l'eau pût facilement pénétrer dans le récipient et le remplir.

ainsi, immanquablement, un mélange avec l'air et, par suite, une perte d'émanation. Pour l'éviter, il faudrait faire le vide dans la bouteille, la fermer immédiatement pour ne l'ouvrir que sous l'eau. Ce procédé présentait de nombreux inconvénients, surtout lorsqu'il s'agissait de sources très éloignées de l'endroit où l'on pourrait faire le vide. D'ailleurs, il est impraticable pour de nombreuses sources qui ne coulent que par un mince filet.

D'autre part, comme nous n'avons pu prélever nous-même toutes les eaux que nous avons analysées, nous avons recouru à l'obligeance d'un grand nombre d'institutrices et d'instituteurs qui nous ont aimablement prêté leur concours. Il était dès lors tout indiqué d'opérer le plus simplement possible.

Il était bon, cependant, de pouvoir évaluer approximativement la quantité d'émanation perdue par notre manière d'opérer. Pour cela, nous avons rempli en même temps et à la même source : 1 récipient dans lequel nous avions fait le vide, et 1 récipient que nous remplissions par la méthode ordinaire.

La différence entre les quantités d'émanation est en moyenne inférieure à 10 % lorsque le débit n'est pas trop faible.

Voici deux exemples qui se rapportent à une source du Seeland (n° 105) :

I. Le 26 septembre l'eau de la source était à une température de 13°, et son débit était de 2 l à la minute.

a) Celle qui n'avait pas été au contact de l'air contenait $2{,}22 \cdot \overline{10}^{10}$ C. par litre.

b) l'eau prise par la méthode ordinaire contenait $2{,}02 \cdot \overline{10}^{10}$ C.

II. Le 26 octobre, l'eau de la même source est à une température de 12°, et son débit est de 3 l à la minute.

a) L'eau qui n'a pas été au contact de l'air contient $0{,}87 \cdot \overline{10}^{10}$ C. par litre

b) l'eau prise par la méthode ordinaire contient $0{,}80 \cdot \overline{10}^{10}$ C. par litre.

On le voit, dans les deux cas, la différence est inférieure à 10 %. Il est clair que la perte d'émanation est d'autant plus grande que l'eau entre plus lentement dans le récipient, et qu'elle est relativement considérable lorsque l'eau ne s'écoule que par un mince filet.

Notre étude étant essentiellement comparative, cette manière

de prendre l'eau ne présente pas de graves inconvénients. L'important est de procéder toujours uniformément. A cet effet nous avons eu soin de donner des instructions identiques à tous nos collaborateurs.

Voici les principales :

1° Prendre l'eau à l'endroit même où elle sort de terre.

2° Faire en sorte qu'elle se mélange le moins possible à l'air.

3° Remplir complètement les bouteilles, les fermer immédiament et hermétiquement.

4° Mesurer la température de l'eau et celle de l'air.

5° Mesurer le débit approximativement. Pour cela, le plus simple est d'opérer comme suit :

a) Si l'eau ne sort qu'en faible quantité, on notera le temps qu'elle met à remplir un récipient de capacité connue.

b) si elle sort en plus grande abondance et ne peut être captée totalement, on mesurera sa vitesse, la largeur et la profondeur moyennes de son lit. Un calcul élémentaire donnera le débit. La vitesse s'évalue en laissant flotter un morceau de bois dont on mesure le trajet en un temps donné.

6° Indiquer le jour et l'heure de la prise.

7° Indiquer la situation géographique.

8° Envoyer l'eau le plus vite possible : l'expérience se fera ainsi dans les meilleures conditions, car la quantité d'émanation est fonction du temps et diminue rapidement avec lui.

En général les eaux nous parvenaient un, au plus deux jours après leur prélèvement. La quantité d'émanation disparue atteignait donc les 15 à 30 $^0/_0$ de la quantité initiale. Malgré cet inconvénient, notre méthode nous semble meilleure que celle qui consiste à analyser les eaux sur place au moyen d'appareils portatifs. En effet, tout déplacement de l'électroscope entraîne de fortes perturbations dans la perte à vide, et pour des eaux aussi faiblement actives que celles du Jura, l'incertitude qui en résulterait ne permettrait aucune mesure sérieuse.

Notre appareil reste absolument fixe : durant de longs mois, il ne subit aucun déplacement. Cette stabilité entraîne une constance remarquable de la perte à vide et permet de déceler les plus faibles influences. Cela nous a permis de faire des mesures

précises qui eussent été probablement impossibles avec un appareil portatif.

L'émanation est extraite de l'eau par la méthode de circulation d'air. Son influence sur l'électroscope est comparée à celle d'une solution titrée.

La loi de Henry $\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{V_1}{aV_2}$ [1] et la loi bien connue $I = I_0 . e^{-\lambda t}$ permettent de connaître la quantité d'émanation totale présente au moment où l'eau a été prélevée[2].

Remarque. Nous rendons nos lecteurs attentifs aux « Notes historiques », qui précèdent chacun des chapitres où nous tirons nos conclusions ; elles permettent de comparer nos résultats à ceux qui ont été trouvés jusqu'à ce jour.

II. Appareil.

A. *Description.* — L'appareil qui nous a permis de faire nos recherches a été construit entièrement au laboratoire de l'Université de Neuchâtel.

Comme le montre la figure 1, il se compose d'un électroscope à feuille d'aluminium, portant un microscope muni d'un micromètre oculaire à 100 divisions. La lame d'aluminium est munie d'un petit fil de quartz, seul visible dans le microscope, pour faciliter les lectures.

La cage C est supportée par un trépied avec vis de réglage et niveau d'eau.

La chambre d'ionisation, capable de tenir un bon vide, est munie de deux robinets : l'un à la partie supérieure et l'autre à la partie inférieure. Cela permet une bonne circulation de l'émanation. Cette chambre est faite de deux parties vissées l'une sur l'autre. On peut ainsi la nettoyer facilement et enlever s'il le faut, par frottement, les dépôts de radioactivité induite qui pourraient fausser les observations.

L'électrode II est isolée au soufre et s'appuie sur celle de

[1] V_1 = volume de l'air, ε_1 = émanation qu'il contient.
V_2 = volume de l'eau, ε_2 = émanation qu'elle contient.
a coefficient d'absorption de l'eau.

[2] Chap. IV, p. 291.

l'électroscope, isolée à l'ambre, par un petit ressort r. Une tige métallique t, glissant dans un cylindre d'ébonite, permet de charger l'appareil (fig. 2).

B. *Etalonnage.* — L'étalonnage de l'appareil a été fait au

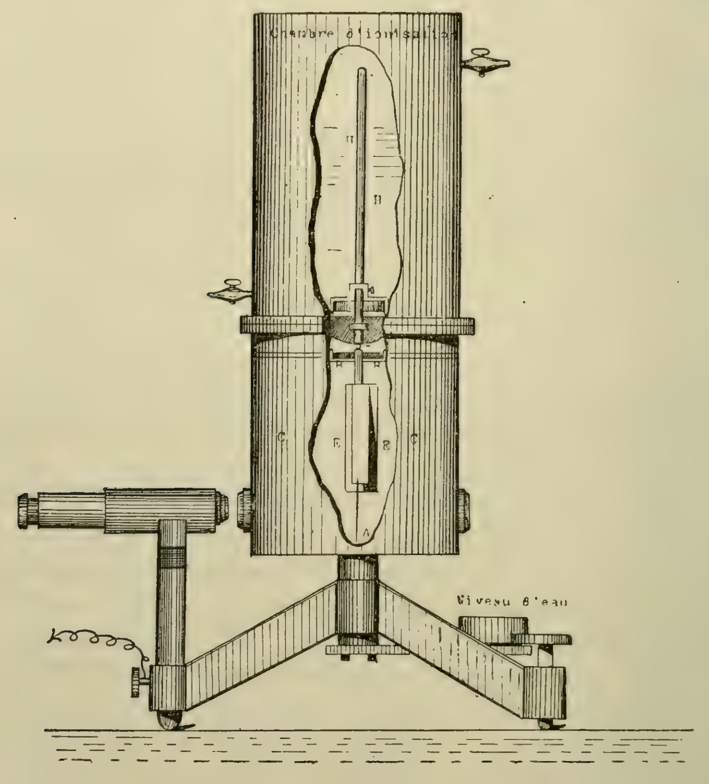


Fig. 1.

moyen d'un électroscope étalonné lui-même suivant la méthode ordinaire à l'aide de piles.

La division 0 correspond à 267,5 volts et la division 100 à 389 volts. La courbe du voltage, en fonction de la position de l'aiguille, est une droite.

En introduisant dans la chambre d'ionisation l'émanation d'une solution titrée de forte teneur, on voit que la chute de l'aiguille est proportionnelle au temps. Par conséquent, les divisions sont bien équivalentes. C'est là ce qui importe.

C. *Perte à vide.* — L'activité des eaux du Jura est en général très faible. L'influence de l'ionisation spontanée de l'air est très souvent supérieure aux 20 % de l'influence totale. Elle doit donc être très bien connue.

La perte à vide peut varier sensiblement d'une heure à l'autre, et jamais elle ne peut être très exactement connue, au cours d'une expérience, pour un espace de temps restreint. Cependant, ses fluctuations ne sont que momentanées, et, si l'on considère des intervalles de plusieurs heures, sa moyenne varie peu. C'est ce que prouve le tableau suivant, et cela tient comme nous l'avons dit au fait que l'appareil reste fixe.

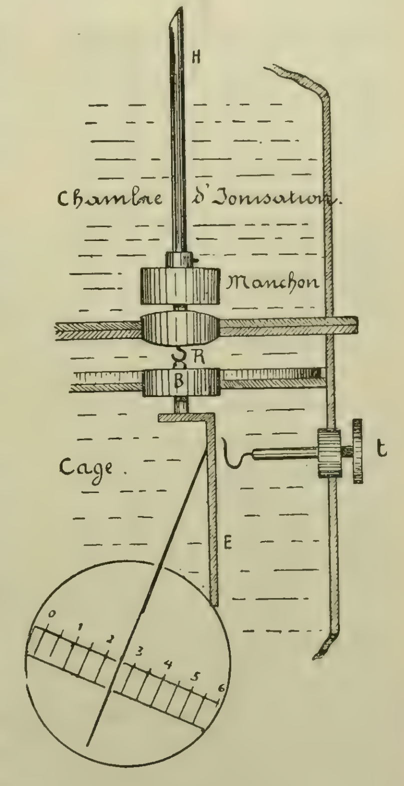


Fig. 2.

Si l'on tient compte des facteurs suivants :

1° Au cours d'une expérience nous faisons toujours de nombreuses lectures, si bien qu'il est difficile que les variations brusques de la perte à vide, si elles se produisent, échappent à l'observation.

2° Nous mesurons la perte à vide avant et après chaque expérience, si possible, et les variations lentes sont ainsi connues.

3° Les expériences durent au moins quelques heures, au plus quelques jours.

4° La radioactivité d'une même source varie considérablement d'un jour à l'autre. Il n'est donc possible de la déterminer que pour un instant donné. Les mesures ne nécessitent pas, en conséquence, une très grande précision.

On voit que les variations de la perte à vide qui auront échappé à l'observation n'auront pas d'influence sensible sur le résultat de nos recherches.

VARIATIONS DE LA PERTE A VIDE

Année	Mois	Jour	Moy. div. par m
1914	mai	14	0,013
	décemb.	14	17
1915	janvier	16	14
	mai	18	17
	juillet	10	14
	août	14	13
	sept.	24	13
	octobre	12	13
	novemb.	16	13
	décemb.	12	12
1916	janvier	21	13
	février	11	15
	mars	11	15
	avril	23	14
	mai	18	13

Année	Mois	Jour	Moy. div. par m
1916	juin	13	0,014
	juillet	16	16
	octobre	19	20[1]
	novemb.	16	15
	décemb.	12	19
1917	janvier	18	15
	février	2	15
	mars	4	16
	avril	25	17
	mai	18	19
	juin	18	17
	juillet	9	15
	août	20	17
	sept.	25	19

III. EXPÉRIENCES.

A. *Dispositif.* — L'appareil est placé sur une tablette de verre et relié au sol par un fil conducteur.

Le robinet supérieur porte un tuyau de caoutchouc. Lorsqu'on veut faire le vide dans la chambre d'ionisation, on fixe ce tuyau sur une conduite de verre aboutissant à une trompe à eau. Lorsqu'on veut introduire l'émanation dans la chambre, on fixe ce tuyau sur un tube desséchant au chlorure de calcium dont l'autre extrémité est reliée à un tube de verre. Ce dernier, enfoncé dans le bouchon du récipient qui contient l'eau à ana-

[1] L'appareil venait d'être déplacé pour cause de réparation.

lyser, s'arrête à 1 cm environ de la surface. Le bouchon est traversé d'un second tube qui plonge dans la bouteille jusqu'à un ou deux cm du fond et par lequel l'air extérieur pénétrera dans le liquide, y barbotera et se chargera d'émanation avant de se rendre dans l'appareil.

B. *Analyses.* — Avant de commencer une analyse, il est nécessaire d'enlever, par circulation d'air, toute trace d'émanation de la chambre d'ionisation, des tuyaux, poire, etc. Pour que cet air soit exempt de poussière et d'humidité, on le fait passer préalablement à travers un tube contenant de l'ouate et un tube desséchant.

Lorsque la circulation est suffisante, on fait le vide dans la chambre et l'on ferme les robinets. L'air est alors appelé dans la chambre : il traverse l'eau à laquelle il enlève une partie de son émanation, se dessèche dans un tube au chlorure de calcium, et pénètre dans l'appareil par le robinet supérieur.

En général, l'air, dans son passage rapide à travers l'eau, ne se charge pas de toute l'émanation qu'il est capable de contenir à la température donnée : malgré toutes les précautions, et notamment une pince de réglage qui ne permet à l'air d'entrer que bulle à bulle dans la bouteille, il se produit, pour une même solution titrée dont on extrait l'émanation à intervalles réguliers, des différences assez sensibles.

Pour parer à cette cause d'erreur, on aspire l'air de la chambre d'ionisation au moyen d'une poire fixée au robinet inférieur, et on le refoule dans l'eau à laquelle il enlève une nouvelle quantité d'émanation[1]. Puis il se rend dans la chambre par le robinet supérieur.

Lorsque l'air a passé plusieurs fois dans l'eau, il contient toute l'émanation qu'il peut contenir dans les conditions données.

C. *Procédé de mesure.* — Soit q_1 la quantité d'émanation produite par une solution titrée connue et introduite dans la chambre d'ionisation d'un électroscope ; D_1 la chute de l'aiguille durant le temps T ; d celle qui aurait été produite par l'ionisation spontanée de l'air.

[1] Deux soupapes placées convenablement de part et d'autre de la poire empêchent l'air de suivre le chemin inverse.

Supposons que, dans les mêmes conditions, l'émanation d'une eau de source produise une chute D_2 ; on aura.

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{D_1 - d}{D_2 - d}.$$

On en tirera q_2, c'est-à-dire la quantité d'émanation provenant de l'eau de source et contenue dans la chambre d'ionisation au moment de l'expérience.

Grâce aux relations connues

$$q_2 = q_0 \cdot e^{-\lambda . t} \quad \text{et} \quad \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{V_1}{aV_2}$$ [1]

on connaîtra facilement la quantité d'émanation au temps zéro, c'est-à-dire au moment où l'eau a été prise à la source.

C'est ce procédé que nous avons utilisé pour nos recherches.

IV. Calculs.

A. *Inconvénients des méthodes ordinaires quand il s'agit de faibles quantités d'émanations.* — Les vitesses de chute étant proportionnelles aux intensités des courants d'ionisation, et tous les calculs se faisant par comparaison, au lieu de comparer des courants, on comparera des vitesses de chute.

Si nous opérions sur des quantités d'émanation assez fortes, nous pourrions rapprocher suffisamment les observations sans que les erreurs de lecture et les fluctuations de la perte à vide puissent influencer les résultats. On pourrait alors supposer la vitesse de chute constante entre les intervalles t_1 et t_2 considérés, et l'on connaîtrait la vitesse de chute à l'instant moyen.

Ayant construit, pour l'émanation de la solution titrée, la courbe des vitesses de chute en fonction du temps, il serait très facile de calculer la teneur de l'émanation considérée.

Mais les eaux que nous analysons sont presque toujours très peu radioactives et la vitesse de chute est si faible qu'il est nécessaire d'espacer considérablement les lectures. Il est dès lors impossible de considérer l'intensité du courant d'ionisation comme constante dans l'espace de temps qui sépare deux obser-

[1] Voir p. 281.

vations, et nous serions obligés de calculer à quel instant t_x l'intensité réelle du courant est égale à l'intensité moyenne.

J_1 et J_2 étant les intensités aux temps t_1 et t_2, nous aurions:

$$J_1 = J_0 \,.\, e^{-\lambda . t_1} \qquad J_2 = J_0 \,.\, e^{-\lambda . t_2}$$

$$J_m = \frac{J_1 + J_2}{2} = J_0 \left[\frac{e^{-\lambda . t_1} + e^{-\lambda . t_2}}{2}\right] = J_0 \,.\, e^{-\lambda . t_x} \,.$$

Le calcul donne :

$$t_x = -\log\left[\frac{e^{-\lambda . t_1} + e^{-\lambda . t_2}}{2}\right] : \lambda \,.$$

On arriverait ainsi à connaître l'intensité du courant d'ionisation à un instant précis, et l'on serait ramené au premier cas.

Les tables permettraient de calculer $e^{-\lambda . t_1}$ et $e^{-\lambda . t_2}$ mais on voit que les calculs seraient assez longs. C'est pour cette raison que nous avons cherché une méthode plus rapide, et voici comment nous avons procédé pour éviter dans nos calculs les exponentielles et les logarithmes:

B. *Courbe étalon idéale.* — La vitesse de chute, si l'on suppose la perte à vide = 0, est :

$$v_1 = \frac{d_1 - d_2}{t_1 - t_2} \,.$$

d_1 étant la position de l'aiguille au temps t_1.
d_2 » » » t_2.

$t_1 - t_2$ étant assez petit pour que la vitesse puisse être considérée comme constante malgré la diminution de l'émanation avec le temps.

$$d_1 - d_2 = v_1 (t_1 - t_2) \qquad (1)$$

et de même:

$$d_n - d_{n+1} = v_n (t_n - t_{n+1}) \,.$$

Si l'on connaît v_0, c'est-à-dire la vitesse de chute au temps initial, on en déduira facilement v_n au temps n puisque :

$$v_n = v_0 \,.\, e^{-\lambda t_n}$$

et que les tables donnent le terme $e^{-\lambda t_n}$ au temps n.

Si l'on connaît également d_1, c'est-à-dire la position de l'aiguille au temps 0 (position que l'on peut fixer arbitrairement

puisque seules les différences comptent), on pourra calculer la position de l'aiguille au temps quelconque t_n. En effet, la relation (1) donne :

$$d_2 = d_1 - v_1 (t_1 - t_2) \;;$$

connaissant d_2, on aura :

$$d_3 = d_2 - v_2 (t_2 - t_3)$$

. . . .

$$d_n = d_{n-1} - v_{n-1} (t_{n-1} - t_n) \,.$$

Sachant quelles sont les positions de l'aiguille aux temps $t_1, t_2, t_3 \dots t_n$, on construira la courbe qui donne ces positions en fonction du temps.

Pour des raisons que nous dicte l'expérience, nous avons supposé que $v_1 = 10$ divisions à l'heure, et nous avons fixé la position initiale d_1 à 2000.

Pour calculer les vitesses $v_2 \dots v_n$, nous avons supposé que la valeur $v_0 \,.\, e^{-\lambda t}$ donnée par les tables au temps 1 heure est la valeur moyenne des vitesses entre $^1/_2$ h et 1 h $^1/_2$; de même, la valeur donnée pour 2 heures est la moyenne des vitesses entre 1 h $^1/_2$ et 2 h $^1/_2$, et ainsi de suite. Comme il s'agit toujours de faibles quantités d'émanation, les erreurs qui résultent de cette supposition sont absolument négligeables.

Ainsi, si l'aiguille de l'électroscope marquait sa position sur un cylindre horizontal tournant d'un mouvement uniforme devant elle (la perte à vide étant supposée nulle), elle y tracerait une courbe semblable à la courbe idéale.

Cette courbe peut servir pour n'importe quels appareils, à condition de connaître leurs constantes. Pour cela, deux méthodes peuvent être employées :

1re méthode. — On se base sur la capacité de l'appareil.

Soit C cette capacité, on a, J étant l'intensité du courant d'ionisation :

$$J = C \frac{(V_1 - V_2)}{300.3600} \text{ U. E. S.}$$

$V_1 - V_2$ étant la chute de potentiel produite par la solution idéale durant la première heure. La chute de l'aiguille étant de 10 divisions et l'étalonnage de l'électroscope nous permettant de traduire les divisions en volts, $V_1 - V_2$ est une quantité connue.

On sait qu'un Curie produit un courant

$$I = 6{,}02 \cdot 10^6 \cdot \left(1 - 0{,}572 \cdot \frac{S}{V}\right) \; [(3)\ p.\ 102]^{1}$$

S étant la surface intérieure de la chambre d'ionisation et V son volume.

Ainsi, la quantité d'émanation correspondant à la courbe idéale est :

$$Q = \frac{J}{I} \text{ Curies.}$$

2me *méthode.* — On peut aussi procéder par comparaison avec une solution titrée.

Supposons qu'entre les temps quelconques t_n et t_x, la solution titrée produise une chute D de l'aiguille, tandis que, pour le même temps, la solution idéale accuse une chute D_i. Si n est la teneur de la solution titrée, n_i celle qui correspond à la solution idéale, on a :

$$n_i = \frac{n \cdot D_i}{D \cdot A}.$$

A étant le facteur par lequel il faut multiplier D pour connaître la déviation que produirait l'émanation totale de la solution titrée à 760^{mm} et 15°.

Exemple. — La courbe idéale étant construite et rapportée aux constantes de l'appareil, les calculs sont des plus simples :

Supposons qu'une quantité donnée d'émanation ait produit une chute de 30 divisions entre 10 h et 20 h. (Le temps initial étant celui où l'eau est prise). Durant le même temps la courbe idéale accuse une chute de 89,3 divisions.

La solution considérée contenait donc au temps 0, une quantité d'émanation

$$q = n_i \frac{30}{89{,}3} \cdot B$$

B étant un facteur correctif tel que 30. B donne la chute qu'aurait produite dans le même temps l'émanation totale, à 15° et 760^{mm}.

Voici la table que nous avons calculée et qui permet de construire la courbe idéale.

[1] Les nombres entre parenthèses renvoient au chap. intitulé « Ouvrages consultés. »

C. Table.

Temps	Position de l'aiguille
— 1/2 h	2000
+ 1/2	1990
1 1/2	1980,1
2 1/2	1970,2
4 1/2	1950,7
6 1/2	1931,6
8 1/2	1912,6
10 1/2	1894,0
12 1/2	1875,7
14 1/2	1857,6
16 1/2	1839,8
18 1/2	1822,2
20 1/2	1805,0
22 1/2	1788,0
24 1/2	1771,2
1 j 3 1/2	1746,5
6 1/2	1722,4
9 1/2	1698,8
12 1/2	1675,6
15 1/2	1653,1
18 1/2	1631,1
21 1/2	1609,5
24 1/2	1588,4
2 j 3 1/2 h	1567,8
7 —	1544,3
11 —	1518,2
15 —	1492,7
19 —	1468,3
23 —	1444,5
3 j 4 1/2	1412,8
7 1/2	1396,1
13 1/2	1363,8
19 1/2	1332,9
4 j 1 1/2	1303,3
7 1/2	1275,6
13 1/2	1248,6
19 1/2	1222,8

Temps	Position de l'aiguille
5 j 1 1/2	1198,2
6 —	1180.4
14 —	1150,2
22 —	1121.8
6 j 6 —	1095,0
14 —	1069,7
22 —	1045,9
7 j 6 —	1023,6
14 —	1002.5
22 —	982,7
8 j 6 —	964,0
14 —	946,4
22 —	929,9
9 j 10	905,9
10 j 3 —	876,6
11 j 3 —	841,1
12 j 3 —	811,6
13 j 3 —	786,8
20 —	771,8
14 j 12 —	759,3
15 j 4 —	748.2
20 —	738,4
16 j 12 —	729,7
17 j 4 —	721,9
20 —	715,1
18 j 6 —	711,2
19 j 6 —	702,9
20 j 6 —	696,1
21 j 6 —	690,3
22 j 6 —	685,5
23 j 6 —	681.5
24 j 6 —	678,2
25 j 6 —	675,4
26 j 6 —	673,1
27 j 12 —	670.6
28 j 12 —	669,0
29 j 12 —	667,7
30 j 12 —	666.6

D. *Formules.* — L'émanation se répartit entre l'air et l'eau, comme nous l'avons dit, suivant la loi :

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{V_1}{a \cdot V_2} .$$

E_1 et E_2 étant respectivement la quantité d'émanation contenue dans l'air et dans l'eau, V_1 et V_2 les volumes d'air et d'eau, et a le coefficient d'absorption de l'eau.

L'émanation totale $E_t = E_1 + E_2$ et comme $E_2 = E_1 \cdot a \cdot \frac{V_2}{V_1}$

$$E_t = E_1 \cdot \left(1 + a \cdot \frac{V_2}{V_1}\right) .$$

Appelons E l'émanation contenue dans la chambre d'ionisation, e celle que contiennent les tubes desséchants, la poire, les tuyaux, V le volume de la chambre, et v celui des tubes, poire, etc.

$$\frac{E}{e} = \frac{V}{v} \quad \text{d'où} \quad e = E \cdot \frac{v}{V} .$$

Comme

$$E_1 = E + e \qquad E_1 = E \left(1 + \frac{v}{V}\right)$$

$$E_t = E \left(1 + \frac{v}{V}\right) \cdot \left(1 + a \cdot \frac{V_2}{V_1}\right) .$$

La vitesse de chute à l'électroscope nous permettra de calculer E ; il sera donc facile d'en déduire E_t, tout étant connu dans la formule précédente.

Le coefficient d'absorption est fonction de la température ; nous en donnons la valeur d'après Gockel (3[1]). [Pour des valeurs intermédiaires nous avons interpolé].

Températures	Coefficient d'absorption
10	0,340
14	0,303
17	0,284
20	0,245
23	0,228
40	0,170
60	0,135
70	0,120

[1] Les nombres entre parenthèses renvoient au chapitre intitulé : « Ouvrages consultés. »

Une quantité d'émanation de 1 Curie, en liberté, c'est-à-dire dans une chambre d'ionisation de volume infini, donne un courant de

$$6{,}02 \,.\, 10^6 \quad \text{U . E . S.}$$

Dans une chambre d'ionisation ordinaire, elle donne un courant initial[1] de

$$6{,}02 \,.\, 10^6 \left(1 - 0{,}572 \,.\, \frac{V}{S}\right)$$

V étant le volume de la chambre et S sa surface intérieure. Ceci à condition que la température soit de 15° et la pression de 760^{mm}. S'il n'en est pas ainsi, il faut multiplier le produit précédent par le facteur

$$F = \left[1 + 0{,}0007\,(760 - p) + 0{,}002\,(t - 15)\right]$$

p et t étant la pression et la température de la chambre.

En général, cette correction n'est pas négligeable [2-3 %].

L'émanation d'une solution titrée ramenée à 760^{mm} et 15° et contenant n Curie produirait, si elle était tout entière dans la chambre d'ionisation, un courant initial

$$I = n \,.\, (6{,}02 \,.\, 10^6) \,.\, \left(1 - 0{,}572\,\frac{S}{V}\right) = n \,.\, A \,.\, B \qquad (3\ \text{p. } 102)$$

en représentant par A et B les facteurs entre parenthèses.

Dans l'intervalle de temps $t_n - t_m$, elle produirait une chute D à l'électroscope.

L'émanation d'une eau quelconque à $t°$ et p^{mm} donnerait un courant

$$I_1 = n_1 \,.\, A \,.\, B \,.\, F_1 \,.$$

Si dans l'intervalle de temps $t_n - t_m$ elle produit une chute D_1 à l'électroscope, on a :

$$\frac{n_1 \,.\, F_1}{n} = \frac{D_1}{D} \quad \text{ou, en posant} \quad \frac{D}{D_1} = R_1$$

$$n_1 = \frac{n}{R_1 \,.\, F_1} \,.$$

[1] 3 h après l'introduction de l'émanation.

C'est la teneur de l'émanation mesurée; celle de l'émanation totale est:

$$n_t = n_1\left(1 + \frac{v}{V}\right) \cdot \left(1 + a \cdot \frac{V_2}{V + v}\right) = n_1 \cdot K_1$$

K_1 étant le produit des deux parenthèses.

$$n_t = \frac{n \cdot K_1}{R_1 \cdot F_1} .$$

Pour déterminer R_1, il faut connaître la chute que produirait l'émanation totale de la solution titrée pendant le temps considéré, à 760^{mm} et 15°.

La chute observée étant D, la chute totale sera, dans les conditions indiquées:

$$D_t = \frac{D \cdot K}{F}$$

les facteurs K et F ayant les mêmes significations que K_1 et F_1.

On en tire:

$$R_1 = \frac{D \cdot K}{F \cdot D_1} .$$

C'est à l'aide de ces formules que nous avons calculé la teneur N de notre solution idéale.

$$N = n \cdot \frac{D_i}{D_t}$$

D_i se rapportant à la solution idéale.

Puis nous avons rapporté tous nos calculs à cette solution. Dès lors, la teneur d'une eau quelconque est:

$$\boxed{n_x = \frac{N \cdot K_x}{R_x \cdot F_x}}$$

expression dans laquelle

$$R_x = \frac{D_i}{D_x} .$$

On pourra chaque fois vérifier la bonne marche de l'expérience et s'assurer qu'il s'agit bien de l'émanation du radium en faisant pour différents intervalles de temps les rapports R_x.

Ces rapports étant faits pour des intervalles t_1, t_2, ... t_n, on doit avoir :

$$R_{t_1} = R_{t_2} = \dots = R_{t_n} .$$

E. *Exemple numérique.* — Voici un exemple numérique qui montrera comment nous avons procédé pour toutes les analyses que nous avons faites : il se rapporte à une eau prise au S de Fleurier, à 1 km environ du village, le 13 septembre 1915, à 9 h $^1/_2$ du matin [Source n° 36]. L'expérience a été faite à 17° et 732^{mm}, ce qui donne pour le facteur F [p. 292] : F = 1,024.

Le volume de la chambre d'ionisation est de 798 cm^3 = V
» » l'eau était de 990 cm^3 = V_2
» » des tubes, poire, etc, était de 157 cm^3 = v
le coefficient d'absorption à 17° est 0,284 = a
le facteur K est donc :

$$K = \left(1 + \frac{v}{V}\right) \cdot \left(1 + a \cdot \frac{V_2}{V + v}\right) = 1,56 .$$

Du 17 à 22 h 35 au 18 à 6 h 45, la chute causée par l'émanation est de 12,5 divisions. En prenant pour t_0 l'instant où l'eau a été prise, l'intervalle considéré correspond à

$$t_1 = 4 \text{ j } 13 \text{ h } 5 \text{ min.} \qquad \text{et} \qquad t_2 = 4 \text{ j } 21 \text{ h } 15 \text{ min.}$$

Au temps t_1 l'ordonnée de la courbe idéale vaut 250.
» t_2 elle vaut 216. La différence est de 34 divisions.
Le rapport des deux chutes est donc : $R = \frac{34}{12,5} = 2,72$.

De même, le 18, entre 6 h 45 et 17 h. 13, la chute due à l'émanation est de 15,4 divisions, et la différence des ordonnées de la courbe idéale est 42.

$$R_1 = \frac{42}{15,4} = 2,72 .$$

L'égalité de ces deux rapports montre que l'expérience a bien marché et que l'émanation considérée est bien celle du radium.

Comme nous le verrons plus loin, la teneur de la solution idéale est :

$$N = 0,6738 \,.\, \overline{10}^{10} \, g\text{R}a$$

celle de l'eau analysée est donc :

$$n = \frac{N . K}{R . F} = \frac{6,738 . \overline{10}^{11} . 1,56}{2,72 . 1,024} = 0,38 . \overline{10}^{10} . C .$$

L'expérience ayant porté sur 990 cm³ d'eau, en multipliant le résultat par $\frac{1000}{990}$, on aura la quantité d'émanation contenue dans un litre.

Dans le cas particulier, on a :

$$E = 0,384 \times \overline{10}^{10} C .$$

V. *Précision des mesures.* — Nous avons utilisé les contrôles suivants :

1° Si l'appareil fonctionne bien, la radioactivité de l'eau distillée doit être égale à 0. Il en est bien ainsi, comme nous avons pu le vérifier à plusieurs reprises. La différence entre la chute observée et la perte à vide s'est montrée nulle ou négligeable.

2° Les différentes expériences faites sur des solutions renfermant des sels radifères doivent toujours donner les mêmes résultats si on a soin de les espacer d'un mois au moins pour que l'émanation ait le temps de se reformer. C'est ce que nous avons obtenu à l'aide de diverses solutions titrées, comme le montre le tableau suivant, où les teneurs sont données en fonction de la teneur N de la solution idéale.

Dates	Solution à teneur inconnue
5, 4. 15	N. 0,66
15, 10, 15	N. 0,59
21, 10, 15	N. 0,65
2, 2. 16	N. 0,63
8, 4, 16	N. 0,65
12, 5, 16	N. 0,67

Dates	Solution titrée au $\overline{10}^{10}$ C. par L	
23, 6, 15	N. 1,50	moyenne 1,48 . N
5, 12, 15	N. 1,47	
10, 2, 16	N. 1,53	
22, 4, 16	N. 1,50	
25, 6, 16	N. 1,42	
3, 5, 17	N. 1,48	

3° Si l'on fait le rapport des quantités d'émanation de deux solutions titrées, ce rapport doit être égal à celui des teneurs de ces solutions. C'est ce que l'expérience vérifie :

A. La teneur moyenne de la solution aux $\overline{10}^{10}$ C/L est d'après le tableau précédent :

$$n_1 = 1,48 . N$$

celle d'une solution aux $\overline{10}^{10} \cdot \frac{6}{10}$ C/L doit être

$$n_2 = 1,48 \,.\, N \,.\, \frac{6}{10} = 0,89 \,.\, N \,.$$

La moyenne de trois expériences donne:

$$n_2 = 0,920 \,.\, N \,.\ \text{(l'écart est inférieur à } 3,5\ ^0/_0\text{)}.$$

B. La teneur d'une solution aux $\overline{10}^{11}$. C/L est:

$$n_3 = \frac{1,48 \,.\, N}{10} = 0,148 \,.\, N$$

nous avons trouvé:

$$n_3 = 0,142\ ;\ \text{(la différence est de } 4\ ^0/_0\text{)}.$$

4° On sait que n Curies donnent un courant d'ionisation

$$I = n \,.\, 6,02 \,.\, 10^6 \,.\, \left(1 - 0,572\,\frac{S}{V}\right) \text{ U. E. S. [p. 292]}$$

notre solution titrée étant au $\overline{10}^{10}$ C/L et le facteur de Duane $\left(1 - 0,572\,\frac{S}{V}\right)$ valant 0,53, cette solution doit donner un courant initial

$$I = 3,19 \,.\, \overline{10}^{4}. \quad \text{U. E. S.}$$

Il en est bien ainsi:

La capacité de notre appareil a été déterminée très exactement, par le procédé de la clef vibrante[1]: elle est de 15,2 cm.

D'après la moyenne des expériences, la solution titrée produit un courant d'ionisation 1,484 fois plus intense que celui de la solution idéale. Comme cette dernière, par définition, produit une chute de 10 divisions à l'heure, au début, la solution titrée produit dans la première minute une chute

$$D = \frac{14,84}{3600}$$

et l'intensité du courant est:

$$I = C \,.\, V = \frac{15,2 \,.\, 14,84 \,.\, 1,52^{\,2}}{3600 \,.\, 300} = 3,18 \,.\, \overline{10}^{4}. \quad \text{U. E. S.}$$

[1] M. A. Jaquerod. Mesure des capacités. *Arch. 1917*, vol. 44, p. 62-63.
[2] 1,52 = valeur d'une division en volts.

Comme les expériences n'ont porté que sur 990 cm^3 d'eau, il faut ajouter le 1 $^0/_0$ au résultat, et l'on voit que le courant d'ionisation observé et le courant calculé ne diffèrent que de 0,6 $^0/_0$.

Tous nos résultats étant basés sur la solution titrée, il importait de faire cette vérification. Cette concordance remarquable n'a lieu que sur la moyenne des expériences. En général la précision des mesures atteint 2-4 $^0/_0$.

D'après ce qui précède, la teneur de la solution idéale est

$$N = \frac{\overline{10}^{10} \; . \; C/L}{1,484} = 0,674 \; . \; \overline{10}^{11} \; .$$

Note. — La solution titrée a été préparée, au moyen d'un petit tube de bromure de Ra dosé par la méthode des rayons gamma, par comparaison avec un étalon du « Radium Institut » de Genève, qui lui-même avait été comparé directement aux étalons de Londres et de Vienne.

La première solution contenait $\overline{10}^{6} \; . \; g$. Ra par litre.

Par dilution nous avons titré les 3 autres[1] contenant respectivement :

$$\overline{10}^{10} \; C/L \; , \quad \frac{6}{10} \; . \; \overline{10}^{10} \; C/L \; , \quad \frac{1}{10} \; . \; \overline{10}^{10} \; C/L \; .$$

(A suivre).

[1] Voir p. 296.

RÉSUMÉ MÉTÉOROLOGIQUE
L'ANNÉE DE 1917

POUR

GENÈVE ET LE GRAND SAINT-BERNARD

PAR

Raoul GAUTIER
Directeur de l'Observatoire de Genève.

I. Introduction.

Après une série d'années médiocres, à température moyenne normale ou même trop chaude, 1917 a enfin présenté des saisons bien accusées, tout en ayant une température moyenne annuelle inférieure à celle des années précédentes. C'est une preuve de plus que les moyennes, malgré leur importance spécifique, doivent être accompagnées d'autres données pour établir le caractère climatologique d'une année particulière.

Nous avons eu un hiver accusé, qui a été en même temps un *hiver à neige*[1] et un hiver tardif, puisque le printemps, en tant que saison de transition n'a presque pas existé entre un avril encore très froid et un mai déjà estival. L'été a été plutôt chaud à cause de juin, mais la saison vraiment chaude a débuté en mai et s'est prolongée jusqu'au début d'octobre, de sorte que les récoltes ont été très satisfaisantes.

[1] Voir ma note « La neige à Genève (1857-1917), revue de quelques hivers à Genève, spécialement de l'hiver 1784-1785 ». *Arch. 1917*, vol. 43, p. 361.

Au point de vue de la pluie, l'année météorologique 1917 a été très pluvieuse, plus que les précédentes qui l'étaient déjà trop, plus même que 1910, d'humide mémoire, (1196^{mm}). Le total de 1917 (1209^{mm}) n'est dépassé, à Genève, que par celui de 1799 (1254^{mm}) et de 1788 (1220^{mm}).

Enfin l'année a été peu nuageuse; et si la durée d'insolation a été conforme à la moyenne des 20 dernières années, c'est qu'il y a eu d'importants déficits durant les mois d'hiver et d'automne peu utiles au développement des plantes, puis en mai (mois chaud) et en août (mois plutôt frais). Mais arrêtons ici ce préambule; on trouvera tous les caractères de l'année climatologique 1917 à Genève et au Grand St-Bernard résumés dans les pages et les tableaux qui suivent.

Il n'y a rien à signaler de nouveau cette année, ni dans la publication des tableaux météorologiques mensuels, ni dans celle du résumé annuel. Tous les tableaux de celui-ci contiennent *treize* mois, de décembre 1916 à décembre 1917, afin que les moyennes annuelles correspondent à la fois à *l'année météorologique* et à *l'année civile.* Seul le tableau V, fournissant les températures de cinq en cinq jours à Genève, n'est établi que pour l'année civile.

L'ordre des matières traitées dans ce résumé reste le même que dans ceux qui l'ont précédé. Après quelques indications de portée générale, les différents éléments météorologiques sont passés en revue dans l'ordre accoutumé: *température*, *pression atmosphérique, humidité de l'air, vent, pluie* et *neige, nébulosité* et *durée d'insolation,* cette dernière pour Genève seulement.

A l'*Observatoire de Genève,* les observations météorologiques directes se font toujours de trois en trois heures, à partir de 7 h. du matin et jusqu'à 10 h. du soir. Les instruments enregistreurs fournissent en outre les valeurs de la plupart des éléments météorologiques à 1 h. et à 4 h. du matin. Les moyennes diurnes de ces éléments-là reposent donc sur *huit* observations trihoraires. L'observation supplémentaire de 9 h. du soir a été utilisée, avec celles de 7 h. du matin et de 1 h. du soir, pour obtenir des moyennes spéciales de la température qui soient directement comparables à celles du *Grand Saint-Bernard,* où

les observations ne se font plus qu'à ces trois heures-là depuis 1902, comme dans toutes les autres stations de la Suisse.

Les *valeurs normales* des différents éléments météorologiques sont empruntées, pour *Genève,* aux « Nouvelles études sur le climat de Genève », d'Emile Plantamour, où étaient utilisées toutes les observations faites de 1826 à 1875. Pour le *Grand Saint-Bernard,* les valeurs normales sont fournies par les moyennes des 27 années, 1841-1867, calculées également par Plantamour.

Les tableaux mensuels des observations météorologiques faites à l'observatoire de Genève et au Grand Saint-Bernard et publiés dans les *Archives* sont établis chaque mois à l'observatoire par M. Jules Marmet ; les tableaux de ce résumé-ci ont été préparés par M. Ernest Rod.

Les observations ont toutes été faites, cette année encore, à l'HEURE LOCALE, seule indiquée. Pour la transformer en temps moyen de l'Europe centrale, il faut ajouter 35 minutes aux instants des observations de Genève et 30 minutes pour le Grand Saint-Bernard.

Une *remarque* pour finir : dans les tableaux de ce résumé, certains chiffres sont imprimés en caractères gras : ce sont les extrêmes qui ne sont pas spécialement relevés à la fin des tableaux. Ces extrêmes ainsi imprimés correspondent aux valeurs minimum et maximum de chaque tableau, moyennes ou écarts, et rendront les tableaux plus parlants. Il y a longtemps que cette innovation avait été introduite dans les tableaux des bulletins mensuels. C'est la première fois qu'elle est appliquée aux tableaux du résumé annuel, et cela pour l'année civile comme pour l'année météorologique.

II. TEMPÉRATURE.

Les résultats généraux des observations thermométriques sont consignés dans dix tableaux de chiffres groupés sous cinq rubriques différentes.

1° *Moyennes générales de la température. — Ecarts.*

Le *tableau I* fournit, pour *Genève,* toutes les valeurs moyennes des températures, de trois en trois heures à partir de 1 h. du matin, puis les *températures moyennes des mois, des saisons et de l'année* (météorologique et civile), moyennes des huit moyennes trihoraires, enfin les *minima* et les *maxima* moyens. Les températures des heures de nuit, 1 h. et 4 h. du matin, ont été relevées, comme précédemment, sur les diagrammes du thermographe Richard, grand modèle, qui a bien fonctionné toute l'année.

Le *tableau II* pour *Genève* et le *tableau III* pour le *Grand Saint-Bernard* donnent les valeurs moyennes des températures des différentes périodes pour les trois observations de 7 h. du matin, 1 h. et 9 h. du soir, puis les températures moyennes des mêmes périodes calculées sur les deux formules employées par l'Institut central météorologique suisse: *a)* en prenant la moyenne arithmétique des trois températures moyennes diurnes ; *b)* en attribuant un poids double à l'observation de 9 h. du soir. Ce sont, du reste, ces dernières moyennes qui ont servi pour la comparaison des deux stations. Le tableau III contient en outre les *minima* et les *maxima* moyens pour la station du Grand Saint-Bernard.

Le *tableau IV* donne les *écarts* entre les températures moyennes des différentes périodes et les valeurs normales. Pour *Genève,* il y a deux séries d'écarts, correspondant l'une aux températures du tableau I et l'autre à celles du tableau II calculées sur la deuxième formule. La dernière colonne du tableau IV donne la différence entre les écarts de Genève et ceux du Grand Saint-Bernard, écarts correspondant aux températures calculées d'après cette même formule.

Comme il a été dit au début, *l'année météorologique* a une température moyenne un peu inférieure à la normale, à Genève comme au Grand Saint-Bernard, elle paraît donc plus froide que les précédentes, mais, en fait, elle a été meilleure. Le froid est dû à un hiver froid et à un commencement de printemps également froid. Mais la période d'été a été chaude et belle. *L'année civile* est sensiblement plus froide, décembre 1917 ayant été plus

I. Température. GENÈVE, 1917.

Période	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Température moyenne	Minimum moyen	Maximum moyen
	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
Décembre 1916.	1.70	1.43	1.41	2.60	4.04	3.60	3.03	2.39	2.52	−0.78	5.61
Janvier 1917 . .	−1.82	−2.11	−1.96	−0.97	0.81	0.53	−0.51	−1.31	−0.92	−3.50	1.79
Février	−3.12	−3.63	−3.28	−1.22	1.10	1.69	0.13	−1.34	**−1.21**	**−4.92**	2.47
Mars	1.36	0.77	1.30	3.75	5.54	5.35	3.85	2.67	3.07	−0.72	6.93
Avril	4.47	3.35	4.30	6.81	9.11	9.64	7 88	6 42	6.50	2.18	11.18
Mai	13.87	12.63	13.94	16.76	18 60	19.06	17.17	15 23	15.91	11.25	21.15
Juin.	15.09	14.04	16.95	19.92	22.72	22.64	20.10	17.63	18.63	13.03	**24.61**
Juillet	15.32	14 32	16.90	20.11	22.47	22 84	20.36	17.70	**18.75**	13.40	24.49
Août	13.79	13.00	14.88	18.59	21.14	21 04	18.27	15.81	17.07	11.84	23.25
Septembre . . .	13.24	12.38	13 51	18.31	21.04	20.98	18.13	15.61	16.65	11.41	22.55
Octobre	6.54	6.26	6.70	9 82	11.38	10.25	8.33	7.18	8.31	3.66	12.79
Novembre . . .	2.87	2.60	2.74	4.99	7.12	6.80	5.10	4.11	4.54	0.83	8.13
Décembre . . .	−2.95	−3.28	−3.60	−2.31	−0.37	−0.81	−1.78	−2.37	**−2.18**	−4.71	0.45
Hiver	−1.01	−1.36	−1.21	0.18	2 01	1.95	0.91	−0.04	0.18	−3.01	3.31
Printemps . . .	6.59	5.61	6.54	9.13	11.10	11.37	9.65	8.13	8.52	4.26	13.11
Été	14 73	13 78	16.24	19.54	22.10	22 17	19.57	17.04	18.15	12.75	24.11
Automne	7.54	7.07	7.64	11.03	13.16	12 65	10.50	8.94	9.82	5.28	14.47
Année météorol.	7.00	6.32	7.35	10.02	12.15	12.09	10.21	8.56	9.21	4.87	13.81
» civile. . .	6.61	5.91	6.92	9.60	11.77	11.71	9.80	8.16	8.81	4.53	13.37

II. Température. GENÈVE, 1917.

Période	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Température moyenne $\frac{7+1+9}{3}$	Température moyenne $\frac{7+1+2\times9}{4}$
				°	°
Décembre 1916.	1.41	4.04	2.46	2.64	2.59
Janvier 1917 . .	-1.96	0.81	-0.97	-0.71	-0.77
Février	-3.28	1.10	-0.89	**-1.02**	**-0 99**
Mars	1.30	5.54	2.97	3.27	3.19
Avril	4.30	9.11	6.67	6.69	6.69
Mai	13.94	18.60	15.91	16.15	16.09
Juin.	16.95	22.72	18.18	**19.28**	**19.01**
Juillet.	16.90	22.47	18.34	19.24	**19.01**
Août	14.88	21.14	16.34	17.45	17.17
Septembre . . .	13.51	21.04	16.18	16.91	16.73
Octobre.	6.70	11.38	7.37	8.48	8.20
Novembre . . .	2.74	7.12	4.34	4.73	4.63
Décembre . . .	-3.60	-0.37	-2.25	**-2.07**	**-2.12**
Hiver	-1.21	2.01	0.24	0.35	0 32
Printemps . . .	6.54	11.10	8.54	8.73	8.68
Été	16.24	22.10	17.61	18.65	18.39
Automne	7.64	13.16	9.28	10.03	9.84
Année météorol.	7.35	12.15	8.96	9.49	9.36
» civile . .	6 92	11.77	8.56	9.08	8.95

III. Température. SAINT-BERNARD, 1917.

Période	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Temp. moyenne $\frac{7+1+9}{3}$	Temp. moyenne $\frac{7+1+2\times9}{4}$	Minimum moyen	Maximum moyen
	°	°	°	°	°	°	°
Déc. 1916. .	- 8.33	-7.06	- 7.84	- 7.74	- 7.77	-10.2	- 5.7
Janv. 1917 .	-11.35	-9.51	-12.21	**-11.02**	**-11.32**	**-14.8**	- 8.0
Février . . .	-11.04	-7.44	-10.76	- 9.75	-10.00	-13.3	- 6.5
Mars	-10 87	-7.33	- 9.81	- 9.34	- 9.46	-13.1	- 6.1
Avril	- 8.45	-4.86	- 7.25	- 6.85	- 6.95	-10.3	- 3.9
Mai.	1.19	3.94	1.88	2.34	2.22	0.2	5.8
Juin.	4.36	7.78	4.87	5.67	5.47	3.0	9.3
Juillet . . .	5.57	9.52	6.49	**7.19**	**7.02**	4.2	**10.9**
Août	4.37	7.95	5.48	5.93	5.82	3 2	8.9
Septembre .	5.17	8 27	6.01	6.48	6.36	3 9	9.6
Octobre . .	- 3.75	-1.31	- 3.75	- 2.94	- 3.14	- 6 3	0.0
Novembre .	- 5.41	-2.52	- 4.69	- 4.21	- 4.33	- 7.7	- 1.5
Décembre .	-11 00	-9.30	-11.07	-10.46	-10.61	-13.5	- 8.0
Hiver	-10.21	-8.02	-10.25	- 9.50	- 9.68	-12.76	- 6.75
Printemps .	- 6.01	-2.73	- 5.04	- 4.59	- 4.70	- 7.68	- 1.39
Été	4.78	8.42	5.62	6 27	6.11	3.48	9.67
Automne . .	- 1.36	1.45	- 0.84	- 0.25	- 0.40	- 3 42	2.67
Année mét .	- 3.17	-0.18	- 2.59	- 1.98	- 2.13	- 5.06	1.09
» civile	- 3.40	-0.37	- 2.87	- 2.21	- 2.38	- 5.34	0.89

IV. Écarts avec les températures normales, 1917.

Période	Genève Moyenne des 8 obs.	Genève $\frac{7+1+2\times9}{4}$	Grand St-Bernard $\frac{7+1+2\times9}{4}$	Différence entre les deux stations
	°	°	°	°
Décembre 1916	+1.72	+1.79	−0.18	**+1.97**
Janvier 1917	−0.84	−0.69	−2.28	**+1.59**
Février	**−2.81**	**−2.59**	−1.39	**−1.20**
Mars	−1.53	−1.41	−2.14	+0.73
Avril	−2.47	−2.28	**−3.68**	+1.40
Mai	**+2.71**	**+2.89**	+1.71	+1.18
Juin	+1.82	+2.20	+1.38	+0.82
Juillet	−0.06	+0.20	+0.86	−0.66
Août	−0.84	−0.74	−0.16	−0.58
Septembre	+1.99	+2.07	**+3.04**	−0.97
Octobre	−1.57	−1.68	−2.66	+0.98
Novembre	−0.01	+0.08	+0.97	−0.89
Décembre	**−2.98**	**−2.92**	−3.02	+0.10
Hiver	−0.57	−0.43	−1.28	+0.85
Printemps	−0.40	−0.24	−1.34	+1.10
Été	+0.30	+0.54	+0.69	−0.15
Automne	+0.12	+0.14	+0.42	−0.28
Année météorologique	−0.14	+0.01	−0.37	+0.38
» civile	−0.54	−0.40	−0.62	+0.22

froid que décembre 1916 de -4°,7 à Genève et de -2°,8 au Grand Saint-Bernard.

L'amplitude annuelle se calcule d'ordinaire sur les températures de juillet et de janvier et est en moyenne de 18°,9 à *Genève* et de 15°,2 au *Grand Saint-Bernard.* Elle était, en 1916, de 14°,84 à Genève et de 15°,85 au Saint-Bernard, calculée sur les mois extrêmes, août et février aux deux stations. En 1917, les mois extrêmes sont juillet et février à Genève et juillet et janvier au Saint-Bernard. L'amplitude annuelle est de 19°,96 dans la première station, de 18°,34 dans la seconde.

Les mois trop froids ont été ceux qui importent peu pour l'agriculture: janvier à avril à Genève, décembre 1916 en plus, mais faiblement, au Saint-Bernard; puis, août, octobre et décembre à Genève. Les autres mois, les plus importants, ont des écarts de température positifs aux deux stations, et de gros écarts en mai, juin et septembre ; quelques-uns sont à peu près normaux.

2° *Température de cinq en cinq jours à Genève.*

Le *tableau V* fournit les températures moyennes par *pentades* et, comme précédemment, pour l'*année civile* seule, du 1er janvier au 31 décembre 1917. A côté des températures figure l'*écart* avec les températures calculées d'après la formule déduite par Plantamour de l'étude des cinquante années de 1826 à 1875. Lorsque l'écart observé dépasse la limite de l'écart probable calculé et constitue ainsi une *anomalie,* le chiffre de l'écart est mis entre parenthèses dans le tableau.

Sur les 73 pentades de l'année, il y en a 31 qui présentent un écart de température positif et 42 qui présentent un écart négatif. Les écarts négatifs prédominent donc, ce qui était à prévoir, puisque la température moyenne de l'année civile est inférieure de -0°,54 à la normale de Plantamour. Si l'on se borne aux 36 pentades dont l'écart de température dépasse la limite probable il n'y a que 12 écarts positifs et 24 écarts négatifs, ce qui confirme la remarque précédente.

Les écarts négatifs se rencontrent surtout de la mi-janvier à la fin d'avril, puis en août, octobre et décembre. Les écarts positifs se trouvent de préférence en mai-juin, puis en septembre-octobre. La plus longue période de froid relatif comprend 12 pentades, du 25 février au 25 avril. La plus longue période de chaleur relative comprend 11 pentades, du 26 avril au 19 juin, donc immédiatement à la suite de la précédente.

La pentade la plus froide, au double point de vue absolu et relatif est la 7e, du 31 janvier au 4 février, avec -7°,24 et un écart de -7°,75. — Les pentades les plus chaudes, absolument parlant, sont les suivantes :

34^e	du	15	au	19 juin,	21°,12,	écart :	+ 4°,01
40^e	»	15	»	19 juillet,	21°,07,	»	+ 2°,22
42^e	»	25	»	29 »	21°,14,	»	+ 2°,27

La pentade la plus chaude, relativement parlant, est la 27e du 11 au 15 mai, avec 18°,78 et un écart de + 6°,00. Par une ironie qui n'est pas rare, cette période comprend les trois *Saints de Glace.*

Quant aux plus forts mouvements de température, ils ont eu

V. Température de 5 en 5 jours. GENÈVE, 1917.

Date	Température moyen.	Différence avec la normale	Date	Température moyen.	Différence avec la normale
	°	°		°	°
1- 5 Janvier	4.95	(+5.21)	30- 4 Juillet	18.18	-0.10
6-10 »	1.47	+1.79	5- 9 »	16.89	(-1.65)
11-15 »	- 0.07	+0.23	10-14 »	15.93	(-2.80)
16-20 »	- 1.30	-1.10	15-19 »	21.07	(+2.22)
21-25 »	- 2.54	(-2.51)	20-24 »	19.77	+0.87
26-30 »	- 6.60	(-6.81)	25-29 »	**21.14**	(+2.27)
31- 4 Février	- **7.24**	(**-7.75**)	30- 3 Août	16.06	(-2.71)
5- 9 »	- 3.91	(-4.78)	4- 8 »	17.26	-1.33
10-14 »	- 2.99	(-4.26)	9-13 »	17.92	-0.42
15-19 »	0.42	-1.32	14-18 »	17.36	-0.67
20-24 »	3.26	+1.03	19-23 »	18.21	+0.56
25- 1 Mars	2.24	-0.52	24-28 »	17.22	+0.01
2- 6 Mars	1.21	(-2.11)	29- 2 Septem.	14.93	(-1.77)
7-11 »	1.88	(-2.02)	3- 7 »	15.40	-0.73
12-16 »	4.39	-0.11	8-12 »	16.40	+0.88
17-21 »	3.98	-1.15	13-17 »	16.04	+1.19
22-26 »	1.93	(-3.84)	18-22 »	19.10	(+4.97)
27-31 »	5.51	-0.92	23-27 »	16.40	(+3.03)
1- 5 Avril	5.23	(-1.87)	28- 2 Octobre	15.93	(+3.36)
6-10 »	5.53	(-2.26)	3- 7 »	12.59	+0.85
11-15 »	6.21	(-2.28)	8-12 »	9.55	-1.33
16-20 »	4.88	(-4.31)	13-17 »	7.40	(-2.60)
21-25 »	6.16	(-3.75)	18-22 »	6.33	(-2.78)
26-30 »	10.97	+0.34	23-27 »	7.05	-1.16
1- 5 Mai	15.76	(+4.41)	28- 1 Novem.	3.53	(-3.79)
6-10 »	13.67	+1.60	2- 6 »	7.59	+1.15
11-15 »	18.78	(+**6.00**)	7-11 »	4.79	-0.78
16-20 »	16.04	(+2.55)	12-16 »	4.26	-0.48
21-25 »	16.57	(+2.40)	17-21 »	4.05	+0.10
26-30 »	15.12	+0.29	22-26 »	3.68	+0.48
31- 4 Juin	16.38	+0.92	27- 1 Décem.	3.12	+0.61
5- 9 »	19.60	(+3.54)	2- 6 »	- 0.43	(-2.31)
10-14 »	18.28	+1.67	7-11 »	- 2.32	(-3.64)
15-19 »	21.12	(+4.01)	12-16 »	- 1.14	-1.98
20-24 »	16.67	-0.89	17-21 »	- 1.07	-1.51
25-29 »	19.11	+1.15	22-26 »	- 2.66	(-2.78)
			27-31 »	- 6.96	(-6.85)

lieu : la plus forte hausse, de la 39e à la 40e pentade + 5°,14 (du 14 au 15 juillet); la plus forte baisse de la 42e à la 43e pentade — 5°,08 (du 29 au 30 juillet).

3° *Moyennes diurnes. — Anomalies.*

Le *tableau VI* fournit la classification des jours de l'année, à *Genève*, suivant leur température moyenne et conformément à la terminologie introduite par Plantamour. Contrairement à ce qui avait eu lieu en 1916, il y a eu des *jours très froids :* 13 dans l'année météorologique, 18 dans l'année civile. Il y a aussi eu un nombre appréciable de jours à température moyenne au-dessous de zéro : 41 dans l'année météorologique et 61 dans l'année civile. — Il n'y a toujours eu aucun jour très chaud, puisque juillet et août n'ont pas été chauds. Le jour le plus chaud, le 29 juillet, atteint en revanche presque 24°.

Le *tableau VII* fournit une classification analogue pour le *Grand Saint-Bernard.* La série de jours dont la température moyenne diurne reste au-dessous de zéro s'étend, — avec trois interruptions peu accusées, en octobre et novembre 1916, puis en janvier 1917, — du 16 octobre 1916 au 2 mai 1917. La température moyenne diurne est restée constamment au-dessus de zéro, tout de suite après, du 3 mai jusqu'au 5 octobre, avec deux faibles exceptions en mai.

Cette année, contrairement à 1916, il y a eu 7 jours dans l'année météorologique et 12 dans l'année civile à température inférieure à 15°. En décembre 1917, il y a même eu un jour remarquablement froid, le 27, avec -22°,0.

Ces deux tableaux fournissent, en outre, pour chaque mois et pour l'année, les dates des jours les plus froids et les plus chauds. L'écart entre les températures diurnes extrêmes dépasse 32° à Genève ; au Grand Saint-Bernard, cet écart atteint presque 31° pour l'année météorologique et dépasse 35° pour l'année civile.

L'anomalie résultant de ce qu'il fait plus chaud dans la station de montagne que dans celle de la plaine, s'est présentée deux fois seulement, les 10 et 11 février, où il a fait encore un peu plus froid à Genève qu'au Grand Saint-Bernard.

VI. Classement des températures diurnes. — GENÈVE 1917.

Période	Nombre de Jours									Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	très froids		froids		tempérés		chauds		très chauds		
	-15° à -10	-10° à -5	-5° à 0	0° à +5	+5° à +10	+10° à +15	+15° à +20	+20° à +25	+25° à +30	°	°
Décembre 1916	—	—	7	16	8	—	—	—	—	– 2.44 le 9	9.35 le 27
Janvier 1917	—	6	13	9	3	—	—	—	—	– 8.05 le 31	6.76 le 1
Février	—	7	7	14	—	—	—	—	—	– 8 35 le 10	4.39 le 23
Mars	—	—	1	22	8	—	—	—	—	– 1.14 le 9	9.42 le 30
Avril	—	—	—	8	20	1	1	—	—	2.68 le 3	16 39 le 30
Mai	—	—	—	—	—	10	19	2	—	11.75 le 29	21.48 le 14
Juin	—	—	—	—	—	2	21	7	—	14.83 le 1	22.25 le 18
Juillet	—	—	—	—	—	4	20	7	—	14 50 le 31	23.91 le 29
Août	—	—	—	—	—	4	26	1	—	13.35 le 31	20.74 le 23
Septembre	—	—	—	—	—	5	22	3	—	13.53 le 13	20.82 le 19
Octobre	—	—	—	5	18	7	1	—	—	1.89 le 30	17.52 le 4
Novembre	—	—	—	19	11	—	—	—	—	0.68 le 27	8.39 les 4 et 5
Décembre	—	5	22	2	2	—	—	—	—	– 8.76 le 28	5.21 le 1
Année météorologique	—	13	28	93	68	33	110	20	—	– 8.35 le 10 fév.	23.91 le 29 juillet
» civile	—	18	43	79	62	33	110	20	—	– 8.76 le 28 déc.	»

VII. Classement des températures diurnes. — SAINT-BERNARD, 1917.

Période	Nombre de jours dont la température est comprise entre								Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	-25° et -20	-20° et -15	-15° et -10	-10° et -5	-5° et 0	0° et +5	+5° et +10	+10° et +15		
Décembre 1916	—	—	12	11	8	—	—	—	-12°.3 le 16	-1°.3 le 25
Janvier 1917	—	4	19	4	3	1	—	—	-17.7 le 31	1.0 le 4
Février	—	3	8	17	—	—	—	—	-16.6 le 1	-5.0 le 17
Mars	—	—	17	13	1	—	—	—	-13.8 le 22	-3.5 le 18
Avril	—	—	6	14	10	—	—	—	-11.9 le 17	-0.1 le 28
Mai	—	—	—	—	4	20	7	—	-0.7 le 19	8.3 le 14
Juin	—	—	—	—	—	12	18	—	2.0 le 23	9.2 le 18
Juillet	—	—	—	—	—	9	16	6	0.9 le 11	13.1 les 19 et 28
Août	—	—	—	—	—	11	20	—	1.8 le 1	9.4 le 23
Septembre	—	—	—	—	—	6	20	4	0.3 le 13	12.0 le 19
Octobre	—	—	1	10	12	7	1	—	-10.2 le 24	5.3 le 1
Novembre	—	—	3	6	19	2	—	—	-13.9 le 26	1.2 le 4
Décembre	1	4	10	14	2	—	—	—	-22.0 le 27	-1.3 le 14
Année météorol.	—	7	66	75	57	68	82	10	-17.7 le 31 janv.	13.1 les 19 et 28 juil.
» civile	1	11	64	78	51	68	82	10	-22.0 le 27 déc.	»

4° *Températures extrêmes.*

Les *tableaux VIII* et *IX* fournissent, pour les deux stations, les températures extrêmes indiquées par les thermomètres à minimum et à maximum. A *Genève,* le minimum absolu a enfin un peu dépassé le minimum moyen (-13°,3) tel que l'avait déterminé Plantamour. Le maximum absolu est presque conforme au maximum moyen (32,5). De sorte que l'amplitude absolue de la température est un peu supérieure à la moyenne, 46°,5 au lieu de 45°,8; ce qui ne s'était pas produit depuis plusieurs années.

Au *Grand Saint-Bernard,* l'oscillation extrême est de 42°,4, très supérieure à ce qu'elle était en 1916; le minimum absolu ayant atteint -25°,0.

La dernière *gelée blanche à glace* du printemps à Genève a eu lieu le 18 avril. La première gelée blanche à glace de l'automne a eu lieu le 24 octobre.

Au *Grand Saint-Bernard,* le petit lac près de l'hospice a été complètement dégelé le 8 juillet; il s'est congelé à nouveau le 16 octobre.

5° *Température du Rhône.*

Le *tableau X* fournit les documents habituels sur la température du Rhône prise, comme antérieurement, vers midi, à la sortie du lac sous le pont des Bergues, à une profondeur d'un mètre au-dessous de la surface.

III. Pression atmosphérique.

Genève. — Comme je l'ai déjà indiqué dans le résumé de l'année 1903, le baromètre de Fuess n° 1492/57, qui sert de baromètre normal depuis 1902, a été vérifié le 30 janvier 1904, et sa correction, par rapport au baromètre normal de l'Institut météorologique de Zurich, est de + 0^{mm},21, correction vérifiée en septembre 1915. L'altitude du zéro de l'échelle est de 404^{m},96, la même que pour l'ancien baromètre de Noblet, en admettant 373^{m},60 pour la cote absolue du repère de la pierre du Niton.

VIII. Températures extrêmes. GENÈVE, 1917.

Période	Minimum absolu	Date	Maximum absolu	Date	Nombre de jours	
					Minimum au-dessous de 0°	Maximum au-dessous de 0°
	°		°			
Décembre 1916.	– 7.2	le 9	14.0	le 25	20	1
Janvier 1917 . .	–10.6	le 26	11.6	le 4	26	10
Février	–14.2	le 10	8.8	le 26	23	11
Mars	– 5.6	le 9	12.7	le 19	21	—
Avril	– 1.2	le 7	23.0	le 30	5	—
Mai.	7 6	le 7	30.1	le 14	—	—
Juin	7.5	le 1	29.1	le 16	—	—
Juillet	7.5	le 12	32 3	le 28	—	—
Août	7.3	le 31	28.7	le 23	—	—
Septembre . . .	8.0	les 3 et 14	29.4	le 19	—	—
Octobre	– 2.2	le 31	22.8	le 4	5	—
Novembre. . . .	– 4 0	le 15	15.0	le 7	10	—
Décembre	–13.0	le 29	9.6	le 1	29	12
Année météorol.	–14.2	le 10 février	32.3	le 28 juillet	110	22
» civile . .	»		»		119	33

IX. Températures extrêmes. SAINT-BERNARD, 1917.

Période	Minimum absolu	Date	Maximum absolu	Date	Nombre de jours	
					Minimum au-dessous de 0°	Maximum au-dessous de 0°
	°		°			
Décembre 1916.	–15.8	le 16	2.2	le 30	31	29
Janvier 1917 . .	–24.0	le 31	3.9	le 4	31	27
Février	–25.0	le 1	–1.0	le 25	28	28
Mars.	–20.0	le 9	1 3	le 18	31	30
Avril.	–16.2	le 17	4.2	le 28	30	26
Mai.	– 3.0	le 9	14.0	le 14	17	1
Juin	– 0.1	le 22	14.8	le 18	1	—
Juillet	– 1.7	le 10	17.4	le 14	3	—
Août	– 1 0	le 30	13.0	le 17	2	—
Septembre . . .	– 3.0	le 14	15.3	le 19	2	—
Octobre	–14.2	le 30	8.2	le 1	27	17
Novembre. . . .	–17.0	le 27	3.2	le 4	30	19
Décembre	–25.0	le 27	1.3	le 14	31	30
Année météorol.	–25.0	le 1er février	17.4	le 14 juillet	233	177
» civile. . .	–25.0	les 1er fév. et 27 déc.	»		233	178

X. — Température du Rhône, 1917.

Période	Moy.	Écarts avec la normale	Minimum	Maximum	Différence entre la température de l'eau et celle de l'air
	°	°	°	°	°
Décembre 1916.	7.67	+ **1.06**	6.8 les 20 et 21	8.7 les 1 et 2	+ 5.15
Janvier 1917 . .	5.89	+ 0.78	3.5 le 27	7.5 les 2 et 3	+ **6.81**
Février	**4.73**	– 0.23	**3.2** les 7 et 8	6.0 les 19 et 28	+ 5.94
Mars	5.38	– 0.74	4.0 le 16	6.4 le 5	+ 2.31
Avril	6.47	– 2.31	5.2 le 3	9.2 le 30	– 0.03
Mai	12.00	+ 0.28	8.8 le 1	16.7 le 28	– **3.91**
Juin	16.27	+ **0.93**	7.8 le 23	19.7 le 9	– 2.36
Juillet	**17.86**	– 0.23	8.0 le 10	**21.3** les 26 et 27	– 0.89
Août	15.57	– **3.08**	8.8 le 29	20.0 le 23	– 1.50
Septembre . . .	17.67	+ 0.60	13.2 le 1	19.3 le 29	+ 1.02
Octobre	11.20	– 2.78	6.5 le 11	19.1 le 1	+ 2.89
Novembre . . .	8.69	– 0.94	6.8 le 12	10.3 les 5 et 7	+ 4.15
Décembre . . .	5.92	– 0.69	4.0 le 27	7.8 le 1	+ **8.10**
Année météor.	10.83	– 0 51	3.2 les 7 et 8 fév.	21.3 les 26 et 27 juillet	+ 1.62
» civile . .	10.70	– 0.64	»	»	+ 1.89

Les six observations diurnes, de 7 h. du matin à 10 h. du soir, se font directement au baromètre de Fuess. Les indications pour les deux observations nocturnes de 1 h. et de 4 h. du matin, ainsi que les valeurs des minima et des maxima, sont relevées sur les diagrammes du barographe à enregistrement continu de Redier.

La moyenne des huit observations trihoraires donne la *moyenne diurne* de la pression atmosphérique. Les *moyennes mensuelles* et *annuelles* sont directement déduites de ces moyennes diurnes.

Grand Saint-Bernard. — Depuis 1904, les trois observations directes diurnes sont faites au nouveau baromètre de Fuess, n° 1570/100, installé à l'hospice le 5 octobre 1903, à côté de l'ancien baromètre de Gourdon. La correction de ce baromètre, par rapport au baromètre normal de l'Institut météorologique de Zurich, est de + 0mm,75. Son altitude, résultant du nouveau nivellement de précision exécuté en 1906, est de 2475m,8. — Les valeurs des minima et des maxima de la pression n'ont plus été relevées sur les diagrammes du barographe horaire de Hottinger.

décrit dans le résumé de 1884, mais sur ceux du nouveau barographe de Richard, de grandeur moyenne (2^{mm} pour 1^{mm} de mercure), installé à l'Hospice au mois de novembre 1914.

1° *Moyennes générales. — Variation diurne. — Ecarts.*

Le *tableau XI* donne, pour *Genève,* les valeurs moyennes de la pression atmosphérique pour les treize mois, les saisons et l'année, météorologique et civile ; il donne en outre, pour toutes ces périodes, la variation diurne exprimée par les différences entre les moyennes générales et les moyennes des huit observations trihoraires.

Le *tableau XII* fournit les indications analogues pour le *Grand Saint-Bernard,* mais la variation diurne n'est plus exprimée qu'assez incomplètement par la différence entre les moyennes générales et les moyennes des trois observations diurnes.

Le *tableau XIII* donne les résultats de la comparaison entre les moyennes mensuelles et annuelles et les valeurs normales déduites par Plantamour des années de 1836 à 1875 pour Genève et des années de 1841 à 1867 pour le Grand Saint-Bernard.

Cette année, la pression moyenne est voisine de la normale aux deux stations : un peu inférieure pour l'année météorologique, un peu supérieure pour l'année civile. Contrairement à l'hiver 1915-1916, et comme l'hiver 1914-1915, l'hiver à neige 1916-1917 a présenté des pressions très faibles, surtout en décembre et janvier. Les écarts maxima négatifs correspondent à ces deux mois là aux deux stations. L'écart maximum positif est en novembre à Genève, en septembre au Grand Saint-Bernard, à cause de la chaleur de ce mois d'automne.

Le maximum de discordance entre les deux stations, dans le sens d'une plus forte pression relative à la montagne se rencontre en mai puis, dans le sens d'une plus forte pression en plaine, en avril, et en décembre 1917 pour l'année civile.

2° *Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

Les *tableaux XIV* et *XV* donnent les minima et les maxima absolus pour les treize mois et pour l'année aux deux stations.

A *Genève,* les extrêmes moyens et absolus avaient les valeurs suivantes :

XI. Pression atmosphérique. — GENÈVE, 1917.

Période	Hauteur moyenne	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1916	**721.02**	+0.34	+0.14	−0.04	+0.23	−0.67	−0.59	+0.01	+0.58
Janvier 1917.	**721.57**	+0.25	0 00	−0.11	+0.35	−0.38	−0.29	+0.07	+0.11
Février	727 33	+0.02	−0.24	−0.11	+0.35	−0.10	−0.42	+0.10	+0.40
Mars.	721.91	+0.68	+0 03	+0.13	+0.16	−0.41	−0.78	−0.12	+0.31
Avril	724.93	+0.03	−0.14	+0.29	+0.46	−0.04	−0.60	−0.31	+0.31
Mai	725.77	+0.19	+0.24	+0.50	+0.41	−0.15	−0.77	−0.59	+0.17
Juin	728.88	+0.48	+0.43	+0 62	+0.34	−0.37	−1 07	−0 69	+0 26
Juillet	728.79	+0.29	+0.08	+0.30	+0.18	−0.28	−0 57	−0.31	+0.31
Août.	726.43	+0.36	+0.20	+0.30	+0 33	−0.30	−0.82	−0.44	+0.37
Septembre.	730.41	+0.16	+0.15	+0.37	+0.52	−0.29	−0.90	−0.30	+0.29
Octobre	726.27	+0 35	−0.05	−0.01	+0.16	−0.38	−0.54	+0.06	+0.41
Novembre	**730.93**	−0.01	−0.08	+0.21	+0.49	−0.37	−0.47	+0.06	+0.17
Décembre	728.74	+0.07	0 00	+0.11	+0.56	−0.26	−0.42	−0.12	+0.06
Hiver	723.17	+0.21	−0.03	−0.09	+0.31	−0.39	−0.44	+0.06	+0.37
Printemps	724 20	+0.31	+0.04	+0.31	+0.34	−0.20	−0.72	−0.34	+0.26
Été	728.03	+0.38	+0.23	+0.40	+0.28	−0.32	−0.81	−0.48	+0.32
Automne.	729.17	+0.17	0.00	+0.19	+0.39	−0.35	−0.63	−0.06	+0.29
Année météorologique .	726.15	+0.27	+0.06	+0.21	+0.33	−0.31	−0.66	−0.21	+0.31
Année civile.	726.80	+0.25	+0.05	+0.22	+0.36	−0.28	−0.64	−0.22	+0 26

XII. Pression atmosphérique. — Saint-Bernard, 1917.

Période	Hauteur moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.
	mm	mm	mm	mm
Décembre 1916.	557 36	+0.01	−0.29	+0.28
Janvier 1917	**554 93**	+0.02	−0.12	+0.10
Février	560.55	−0.48	+0.09	+0.39
Mars.	556.72	−0.22	−0.05	+0.27
Avril.	559.87	−0.59	+0.09	+0.50
Mai.	566.90	−0.25	+0.04	+0.21
Juin	570.11	−0.18	−0.02	+0.20
Juillet	569 93	−0.27	−0.12	+0.39
Août	567.76	−0.24	0.00	+0.24
Septembre	**571.41**	−0.33	−0.05	+0.38
Octobre	563.05	−0.11	−0.19	+0.30
Novembre.	565.56	−0.17	−0.12	+0.29
Décembre	561.01	+0.02	−0.10	+0.08
Hiver.	557 52	−0.14	−0.11	+0.25
Printemps	561.18	−0.35	+0.02	+0.33
Été.	569.26	−0.23	−0.05	+0.28
Automne . . . , ...	566.63	−0.21	−0.12	+0.33
Année météorologique.	563.67	−0.23	−0.07	+0.30
» civile	563.98	−0.23	−0 05	+0.28

XIII. Pression atmosphérique. — Écarts, 1917.

Période	Genève	St-Bernard	Genève-Saint-Bernard
	mm	mm	mm
Décembre 1916	**−6.94**	−4.96	−1.98
Janvier 1917	−5.80	**−5.56**	−0.24
Février.	+0.49	+0.31	+0.18
Mars	−3.12	−2 99	−0.13
Avril	+0.16	−1.76	**+1.92**
Mai	+0.53	+3.06	**−2.53**
Juin	+1.69	+3.00	−1.31
Juillet. . . . . , .	+1.14	+1.45	−0.31
Août.	−1.23	−0.64	−0.59
Septembre	+2.78	**+3 96**	−1.18
Octobre.	−0.24	−1.55	+1.31
Novembre	**+5.08**	+3.53	+1.55
Décembre	+0.78	−1 31	**+2.09**
Année météorologique .	−0.49	−0.21	−0.28
» civile	+0.16	+0.10	+0.06

Minimum extrême moyen : 705.05
» » absolu : 697.8 (18 XI 1916)
Maximum extrême moyen : 741.03
» » absolu : 748.71 (17 I 1882)

Le record de basse pression du 18 novembre 1916 qui battait celui du 2 février 1912 (700^{mm}.0) a été battu lui-même par un *nouveau record*, le 7 mars 1917, 695^{mm},9, produit par une dépression qui a passé exceptionnellement près de Genève. (Voir au bulletin mensuel de mars).

Le minimum absolu est donc très bas en 1917 ; le maximum absolu est égal au maximum moyen pour l'année météorologique, un peu supérieur pour l'année civile ; il en résulte une amplitude absolue annuelle très supérieure à sa valeur moyenne.

Au *Grand Saint-Bernard*, le minimum du 7 mars est de 1^{mm} inférieur à celui du 19 novembre 1916, mais il n'atteint pas encore tout à fait celui du 28 janvier 1915 (539^{mm},5).

IV. Humidité de l'air.

La valeur de la *fraction de saturation* est, depuis 1901, appréciée en *pour cent*, et non plus en *millièmes*. Je n'ai conservé l'indication des dixièmes de pour cent que pour la valeur moyenne annuelle à Genève, afin de permettre la comparaison exacte avec le passé.

A *Genève*, la valeur de la fraction de saturation est, pour les six observations faites de jour, déduite des indications des deux thermomètres du psychromètre ; pour les deux observations de nuit, 1 h. et 4 h. du matin, ses valeurs sont relevées sur les diagrammes de l'hygromètre enregistreur de Richard.

Le *tableau XVI* fournit, pour les huit observations trihoraires, les valeurs moyennes de la fraction de saturation, pour les treize mois, les saisons et l'année ; puis les valeurs de la *fraction de saturation moyenne* pour les mêmes périodes ; enfin les minima et les maxima absolus. Lorsque le maximum correspond à la *saturation* complète, le nombre des cas de saturation est indiqué. Afin de rendre l'évaluation de ces *cas de saturation* comparable à celle de l'ancien système des observations biho-

XIV. Pressions extrêmes. GENÈVE, 1917.

Période	Minimum absolu	Date	Maximum absolu	Date	Amplitude
	mm		mm		mm
Décembre 1916 . . .	705.0	le 13	737.0	le 29	32.0
Janvier 1917.	706.5	le 16	735.7	le 2	29.2
Février.	718.2	le 2	735.2	les 24 et 25	17.0
Mars	695.9	le 7	741.0	le 17	45.1
Avril	713.9	le 15	733.3	le 25	19.4
Mai.	717.3	le 20	734.3	le 25	17.0
Juin.	721.5	le 21	735.7	le 3	14.2
Juillet	720 2	le 31	733.9	le 12	13.7
Août	716.8	le 28	732.9	le 25	16.1
Septembre.	724.0	les 6 et 7	734.7	le 22	10.7
Octobre	710.4	le 28	734.6	les 21 et 22	24.2
Novembre	714.9	le 10	739.9	les 18 et 19	25.0
Décembre	715.5	le 17	742.2	le 6	26.7
Année météorol. . .	695.9	le 7 mars	741.0	le 17 mars	45.1
» civile.	»		742.2	le 6 déc.	46.3

XV. Pressions extrêmes. SAINT-BERNARD, 1917.

Période	Minimum absolu	Date	Maximum absolu	Date	Amplitude
	mm		mm		mm
Décembre 1916 . . .	544.2	le 13	571.0	le 29	26.8
Janvier 1917.	545.1	le 16	569.7	le 1	24.6
Février.	548.8	le 1	568.2	le 25	19.4
Mars	539 7	le 7	572.3	le 17	32.6
Avril	553.3	le 15	567.5	le 30	14.2
Mai.	561.6	le 21	574.0	le 25	12.4
Juin	564.9	le 21	574.2	le 3	9.3
Juillet	562.1	le 31	574.6	le 14	12 5
Août	562.0	les 28 et 29	572.8	le 18	10.8
Septembre.	564 1	le 13	576.7	le 19	12.6
Octobre	549.8	le 28	573.7	le 1	23.9
Novembre	551.4	le 10	574.1	le 29	22.7
Décembre	547.1	le 28	571.1	le 6	24.0
Année météorol. . .	539.7	le 7 mars	576.7	le 19 sept.	37.0
» civile.	»		»		37.0

XVI. Fraction de saturation en pour cent. GENÈVE, 1917.

Période	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Fraction moyenne	Minimum absolu	Maximum absolu	Fréquence relative de la saturation
Décembre 1916	91	91	90	85	78	82	86	89	**86**	47	100 6 fois	0.024
Janvier 1917	88	89	88	86	77	78	86	88	85	41	100 2 »	0.008
Février	89	91	92	82	74	73	81	86	84	39	100 3 »	0.013
Mars	81	84	85	73	63	67	75	78	76	36	100 4 »	0.016
Avril	78	81	77	66	57	55	64	71	**69**	34	100 1 »	0.004
Mai	82	87	82	71	65	63	71	79	75	31	99	0.000
Juin	83	88	78	67	57	57	67	77	72	30	99	0.000
Juillet	85	87	81	69	59	56	68	78	73	23	99	0.000
Août	88	90	85	69	62	63	73	84	77	35	100 2 fois	0.008
Septembre	90	92	89	76	65	66	78	87	80	39	100 1 »	0.004
Octobre	90	89	89	76	70	74	84	87	82	41	100 1 »	0 004
Novembre	88	88	88	79	70	74	82	87	82	42	100 6 »	0.025
Décembre	89	89	91	88	82	83	87	89	**87**	40	100 3 »	0.012
Hiver	89	90	90	84	76	78	84	88	85	39	100 11 fois	0.015
Printemps	81	84	81	70	62	61	70	76	73	31	100 5 »	0.007
Été	86	88	81	68	59	59	70	80	74	23	100 2 »	0.003
Automne	89	90	89	77	68	71	81	87	82	39	100 8 »	0.011
Année météorologique	86	88	85	75	66	67	76	83	78.3	23	100 26 fois	0.009
» civile	86	88	85	75	67	67	76	83	78.4	23	100 23 »	0.008

raires, usité jusqu'en 1883, on a continué à calculer la *fréquence relative de la saturation.*

Le *tableau XVII* donne les *écarts* de la fraction de saturation et de la fréquence de la saturation avec les valeurs normales des « Nouvelles études sur le climat de Genève », de Plantamour.

La fraction de saturation moyenne annuelle est supérieure à la normale. Cela tient aux neiges de l'hiver puis aux chaleurs de l'été de mai à septembre et aux pluies abondantes de juillet et d'août. Les mois les plus humides sont toujours ceux de l'hiver, au point de vue absolu ; mais, au point de vue relatif, ce sont ceux de mai, juillet et surtout août. Il n'y a pas eu de mois vraiment sec, relativement parlant. Absolument, c'est avril le plus sec.

De nouveau cette année, il n'y a pas eu de cas de grande sécheresse de l'air. Quant à la saturation complète, elle a été encore moins fréquente cette année que les deux précédentes qui restaient déjà très au-dessous de la moyenne.

XVII. Écarts de l'humidité. GENÈVE, 1917.

Période	Fraction de saturation		Fréquence relative de la saturation	
	Moyennes 1849-1875	Ecarts pour 1917	Moyennes 1849-1875	Ecarts pour 1817
Décembre 1916	86	0	0.147	−0.123
Janvier 1917	86	− 1	0.145	−0 137
Février	82	+ 2	0.096	−0.083
Mars	75	+ 1	0.039	−0.023
Avril	70	− 1	0.016	−0.012
Mai	70	+ 5	0.016	−0.016
Juin	70	+ 2	0.010	−0 010
Juillet	68	+ 5	0.006	−0.006
Août	71	+ 6	0.009	−0.001
Septembre	77	+ 3	0.025	−0 021
Octobre	83	− 1	0.083	−0.079
Novembre	83	− 1	0.067	−0.042
Décembre	86	+ 1	0.147	−0 135
Hiver	85	0	0.130	−0.115
Printemps	72	+ 1	0 024	−0.017
Été	69	+ 5	0.008	−0.005
Automne	81	0	0.058	−0.047
Année météorologique	76.8	+1.5	0.055	−0.046
» civile	76.8	+1.6	0.055	−0.047

XVIII. Fraction de saturation en pour cent.
GRAND SAINT-BERNARD, 1917.

Période	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Fract. moy.	Min. abs.	Maximum absolu	Fréq. rel. de la saturation
Décembre 1916 .	83	83	85	84	27	100 1 fois	0.011
Janvier 1917 . . .	79	80	81	80	10	100 2 »	0.022
Février	70	67	78	72	14	100 4 »	0.048
Mars	82	80	87	83	17	100 8 »	0.086
Avril	87	83	94	88	32	100 22 »	0 244
Mai	89	79	92	87	28	100 20 »	0.215
Juin	83	70	90	81	30	100 5 «	0 055
Juillet.	82	71	88	80	23	100 8 »	0.086
Août	82	72	84	79	21	100 2 »	0.022
Septembre	74	69	81	75	20	100 5 »	0.055
Octobre	78	76	84	79	24	100 2 »	0 022
Novembre	69	70	73	71	20	100 5 »	0.055
Décembre	82	81	79	80	20	100 2 »	0.022
Hiver	78	77	81	79	10	100 7 fois	0.026
Printemps	86	81	91	86	17	100 50 »	0.181
Été	83	71	87	80	21	100 15 »	0.054
Automne	74	72	80	75	20	100 12 »	0.044
Année météor. . .	80	75	85	80	10	100 84 fois	0.077
» civile . . .	80	75	84	80	10	100 85 »	0 078

Le *tableau XVIII* fournit le résultat des observations faites au *Grand Saint-Bernard* avec l'hygromètre à cheveu d'Usteri-Reinacher.

Cette année encore, la fraction de saturation moyenne annuelle est un peu plus élevée au Grand Saint-Bernard qu'à Genève. Quant à la répartition annuelle de l'humidité relative, qui est toujours différente entre la station de plaine et celle de montagne, elle l'est bien de nouveau cette année, mais, de même qu'en 1915 et qu'en 1916, les extrêmes sont moins accusés que d'ordinaire. Le minimum est en février et en novembre, ce qui est normal à la montagne ; le maximum est en avril, tout le contraire de ce que nous venons de constater à Genève.

Les cas de saturation complète de l'air sont un peu plus fréquents qu'en 1915 et 1916. Les cas de grande sécheresse de l'air ont été rares, comme les années précédentes, et moins accusés qu'autrefois. Au reste la fraction de saturation moyenne a été peu variable cette année à la montagne. *(A suivre)*.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

MARS 1918

Le 1, neige de 11 h. à 17 h., de 20 h. à 22 h. et dans la nuit, haut. 7 cm.
2, neige de 7 h. à 22 h. et dans la nuit, haut, 5 cm.
les 7, 8, 9, 10. 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 et 18 gelée blanche le matin.
le 16, faible halo lunaire à 19 h
18, faible halo et couronne lunaire à 21 h.
19, pluie de 21 à 22 h. et dans la nuit.
20, petites averses dans la journée.
22. gelée blanche le matin, forte bise de 11 h. à 22 h., couronne lunaire à 22 h.
24, rosée le matin.
25, pluie de 15 h. 30 à 16 h. 30.
26, très forte bise toute la journée.
27, forte bise de 7 h. à 16 h., halo lunaire de 19 h. à 22 h.
28, vent fort de 20 à 22 h., pluie dans la nuit.
29, pluie à 21 h. et dans la nuit.
30, pluie de 13 h. à 21 h. et dans la nuit.
31. pluie de 8 h. à 12 h. et dans la nuit.

Hauteur totale de la neige 12 cm tombés en 2 jours.
Neige sur le sol du 1er au 6.

Remarques. — 1° L'insolation totale du mois de mars est remarquablement élevée. A l'ancien héliographe, il y a un total de 205 h. ce qui est un *record*. Le maximum antérieur était de 179 h. en mars 1899.

2° La nébulosité du mois a aussi été très basse, 3.5 ; mais ce n'est pas un *record*. Dans les anciennes années on retrouve :

3.5	en mars	1850
3.4	»	1852
3.1	»	1854
3.1	»	1880

mais ce n'est pas contradictoire, car la durée d'insolation ne s'observe que depuis 1897.

GENÈVE — MARS 1918

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max.	Vent 7 ½	13 ½	21 ½	Dominant	V. moy. km/h.	Nébulosité 7 ½	13 ½	21 ½	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nomb. d'heur.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h.	mm	
1	15.2	15.5	15.8	15.36	−10.47	14.1	16.3	SSE 0	SSW 1	NNE 1	var.	2.1	9	10	10	10	0.0	6.8	16
2	14.3	15.3	15.9	**15.13**	**−10.63**	**13.9**	16.2	SW 1	SW 0	SW 0	calme	0.9	10	10	10	10	0.0	7.0	**22**
3	19.5	22.1	23.6	20.86	− 4.84	16.2	24.2	NW 0	NNE 1	NE 1	calme	1.3	9	1	0	4	5.0	....	....
4	22.5	22.5	25.3	23.40	− 2.24	22.1	25.6	SE 0	SW 0	SW 1	calme	0.8	9	8	0	5	8.2	....	....
5	27.4	27.6	27.4	27.20	+ 1.62	25.6	28.0	SSW 0	NNW 0	NNE 1	calme	1.0	9	9	0	6	4.7	....	....
6	26.1	24.9	25.4	25.58	+ 0.05	24.2	27.0	NNE 1	NNE 1	NNE 0	calme	1.3	2	0	0	1	7.9	....	....
7	26.1	25.3	24.6	25.44	− 0.03	24.0	26.3	NNE 0	NNE 1	NNE 1	NNE 1	2.4	0	2	0	1	9.3	....	....
8	25.6	26.7	27.9	26.26	+ 0.85	24.6	28.6	NE 0	NNE 1	NE 0	NE 1	2.0	10	0	0	3	6.4	....	....
9	29.5	29.1	28.9	29.02	+ 3.66	28.1	29.7	NNE 0	NNE 1	NNE 0	NNE 1	2.1	0	0	0	0	8.8	....	....
10	30.8	30.8	31.3	30.59	+ 5.29	29.3	31.6	NNE 0	N 1	NNE 0	N 1	2.0	0	1	0	0	9.5	....	....
11	31.5	30.5	28.9	30.46	+ 5.21	28.6	31.7	N 0	NNE 1	NNE 0	calme	1.6	0	0	0	0	9.7	....	....
12	28.6	27.8	28.9	28.24	+ 3.04	26.7	29.4	NNE 1	NNE 1	NNE 1	NNE 1	2.7	0	0	0	0	10.1	....	....
13	30.5	29.8	28.4	29.57	+ 4.42	27.8	30.7	NNE 1	NNE 1	NNE 1	NNE 1	2.5	0	0	0	0	10.4	....	....
14	25.8	23.8	23.6	24.82	− 0.28	22.6	27.8	NNE 0	NNE 1	NNE 1	NNE 1	2.7	5	0	0	1	9.5	....	....
15	23.7	23.3	25.1	23.94	− 1.11	22.9	25.8	NNE 1	N 1	NNW 1	NNW 1	3.6	9	3	0	3	8.9	....	....
16	26.7	25.7	26.2	26.12	+ 1.11	25.4	26.9	NW 0	NNW 1	NNW 1	NNW 1	2.5	9	8	9	5	3.5	....	....
17	27.2	26.5	27.8	27.01	+ 2.05	26.0	28.5	NNW 0	N 1	NNE 1	var.	2.1	2	3	8	3	8.5	....	....
18	31.3	31.5	32.5	31.16	+ 6.24	28.5	32.8	NNE 0	NNE 0	NNE 1	calme	1.4	0	0	0	0	10.2	...	....
19	32.9	31.0	29.6	31.45	+ 6.57	29.5	33.1	NW 0	SSW 1	SSW 1	SSW 1	2.8	3	9	10	7	3.8	7.2	7
20	31.9	31.8	33.8	32.22	+ 7.38	30.4	34.4	SE 0	W 1	NNE 1	var.	2.7	2	10	9	8	0.7	0.1	2
21	35.4	35.7	36.5	**35.53**	**+10.72**	34.4	36.9	NNE 1	NNE 2	NNE 1	NNE 1	5.4	8	2	0	2	10.5	....	....
22	36.2	34.2	33.0	34.96	+10.19	33.0	**37.0**	SW 0	NNE 2	NNE 2	NNE 1	8.7	0	1	0	0	**10.8**	...	....
23	34.2	33.2	31.8	33.07	+ 8.33	31.6	34.5	SW 1	NNE 1	NNE 1	NNE 1	2.9	8	3	0	4	7.2	....	....
24	31.3	30.5	28.6	30.20	+ 5.49	28.3	31.6	W 0	NNE 1	NNE 1	NNE 1	2.7	0	0	0	0	10.3	....	...
25	26.4	23.1	21.0	24.25	− 0.43	20.7	28.3	SSW 1	SSW 1	SSW 1	SSW 1	2.0	9	2	0	5	6.7	0.1	1
26	21.0	21.8	24.6	22.12	− 2.53	20.1	26.4	NNE 2	NNE 2	NNE 3	NNE 2	**19.8**	0	1	0	1	10.5	....	... .
27	27.2	27.1	26.7	26.89	+ 2.26	26.0	28.0	NE 1	N 1	NNE 1	NNE 1	12.9	2	0	0	0	9.6	....	....
28	25.9	23.4	21.2	23.81	− 0.79	21.2	26.6	W 0	SW 1	SSW 2	SSW 1	5.8	2	0	9	2	10.3	3.0	4
29	21.8	22.7	23.6	22.19	− 2.39	20.5	23.9	SSW 1	SSW 1	SSW 1	SSW 1	11.8	9	9	10	8	6.0	2.7	3
30	22.5	20.3	19.5	21.29	− 3.27	19.2	23.8	W 0	SSW 0	SW 1	SW 1	5.7	0	10	10	8	3.4	**10.5**	12
31	17.9	19.1	17.5	18.49	− 6.06	16.8	19.8	SE 0	NNE 1	NW 0	var.	3.8	9	10	10	10	0.9	9.6	10
Mois	26.67	26.22	26.29	26.34	+ 1.31							3.94	4.4	3.6	3.1	3.5	221.3	47.0	77

Jour du mois	Température 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Fraction de saturation en 0/0 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Tempér. du Rhône Midi	Ecart av. la norm.	Limni-mètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm
1	1.0	0.0	− 0.2	1.13	−1.85	−1.0	4.8	82	97	92	86	+ 7	53	98	4.8	−0.6	975
2	−0.6	1.2	0.0	**0.04**	−3.05	−1.1	1 8	98	80	99	**95**	**+16**	78	**99**	4.6	−0.9	965
3	−0.2	2.6	1.2	1.51	−1.69	−0.5	5.7	97	64	83	82	+ 4	62	**99**	—	—	975
4	0.0	6.2	2.0	2.20	−1.12	−1.0	7.3	85	56	64	72	− 6	51	88	5.2	−0.3	970
5	−1.4	3.3	1.2	1.01	−2.42	−2.7	4.6	78	66	89	76	− 2	59	94	5.2	−0.4	980
6	−3.4	4.4	0.8	1.00	−2.55	**−4.2**	5.8	96	52	85	77	− 1	44	97	5.2	−0.4	960
7	−3.2	5.2	2.2	1.44	−2.22	−3.8	6.3	92	62	87	78	+ 1	56	95	5.2	−0.5	945
8	0.2	3 9	2.3	2.24	−1.54	−0.8	6.4	89	73	85	83	+ 6	61	95	5.3	−0.4	925
9	−2.4	6.4	3.8	2.83	−1.07	−3.0	8.8	90	56	70	72	− 5	39	92	5.4	−0.4	925
10	−1 6	8.0	4.2	3.43	−0.59	−2.2	10.0	92	45	74	71	− 6	40	94	—	—	925
11	−1.2	8.2	3.5	4.06	−0.08	−2.0	11.0	95	44	75	71	− 5	42	97	5.8	−0.1	925
12	−1.4	7.5	2.9	3.35	−0.91	−2.2	9.3	88	56	83	72	− 4	44	90	5.7	−0.2	925
13	−1.2	8.8	4.0	4.25	−0.13	−2.0	11 0	96	39	77	68	− 8	38	97	6.2	+0.2	925
14	−0.7	9.2	6.1	5.01	+0.50	−1.5	11.6	87	46	72	67	− 9	42	88	6.2	+0.2	915
15	2.0	5.2	2.6	3.51	−1.12	1.0	6.5	75	69	87	74	− 1	67	91	6.5	+0.4	895
16	0 0	8.2	6.4	4.45	−0.30	−1.8	10.6	91	46	60	68	− 7	35	93	6.5	+0.3	885
17	0.3	10.4	7.2	6.09	+1.21	−0.8	12.7	87	39	61	61	−14	32	88	—	—	890
18	1.1	11.4	7.6	6.93	+1.93	0.0	14.0	87	40	61	62	−13	31	89	6.6	+0.3	865
19	1.6	15.1	10.0	7.95	+2.82	0.8	15.4	85	37	74	63	−11	35	87	6.7	+0.4	870
20	4.9	9.2	6.6	7.21	+1.95	4.5	10.4	81	61	79	72	− 2	54	86	6.5	+0.1	860
21	5.8	9.2	7.5	6.98	+1.60	3.0	10.5	85	61	64	71	− 3	54	87	6.8	+0.3	875
22	3.4	12.6	8.8	7.80	+2.29	2.0	13.4	83	38	61	60	−14	35	86	6.6	+0.1	870
23	4.5	11.2	9.6	8.40	+2.76	3.2	14.8	78	54	76	68	− 5	47	82	6.8	+0.2	870
24	3.4	12.4	8.6	8.31	+2.54	2.5	14.3	93	57	81	75	+ 2	45	95	—	—	805
25	6 0	16.6	9.2	**9.87**	**+3.97**	4.5	**18.2**	85	39	79	70	− 3	36	87	7.4	+0.7	805
26	4.2	6.8	2.5	4.96	−1.07	1.5	8.7	62	34	51	57	−16	32	91	6.8	0.0	830
27	−1.0	5.4	3.0	2.64	**−3.53**	−1.8	7.3	68	30	50	50	−23	25	70	6.2	−0.7	800
28	−1.4	11.8	9.8	6.05	−0.25	−2.3	14.2	76	34	40	**46**	**−26**	**21**	78	6.5	−0.5	800
29	5.1	9.8	6.7	7.71	+1.28	4.8	11.0	82	40	67	57	−15	37	85	—	—	795
30	5.4	9.4	7.0	7 44	+0.88	4.3	10.8	78	61	88	74	+ 2	45	95	6.3	−0.8	730
31	7.2	8.3	8.0	7 94	+1.24	5.5	10.7	85	89	84	81	+ 9	51	93	—	—	845
Mois	1.17	8.00	5.00	4.77	+0.17	0.09	9.93	85	54	74	70	− 5			6.04	−0.08	888

MOYENNES DE GENÈVE — MARS 1918

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700 +

Heure	1 ½	4 ½	7 ½	10 ½	13 ½	16 ½	19 ½	22 ½	Moyenne
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	23.14	23.20	23.69	24.12	23.98	23.80	24.47	24.68	23.88
2e »	28.65	28.81	29.01	29.07	28.18	27.51	28.10	28.67	28.50
3e »	27.49	27.15	27.26	27.40	26.48	25.57	25.64	25.95	26.62
Mois	26.46	26.41	26.67	26.88	26.22	25.62	26.06	26.42	26.34

Température

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	−0.38	−0.92	−1.16	2.97	4.12	4.68	3 17	0 98	1.68
2e »	1.88	0.48	0.54	6.42	9.32	10.57	8.07	4.97	5.28
3e »	5.01	3.61	3.87	7.68	10.32	10.76	8.52	7.03	7.10
Mois	2.26	1.14	1.17	5.75	8.00	8.74	6.65	4.41	4.77

Fraction de saturation en %

1re déc.	88	91	90	70	65	66	78	86	79
2e »	81	85	87	60	48	46	61	74	68
3e »	73	80	80	58	49	47	61	69	65
Mois	80	85	85	62	54	54	66	76	70

Dans ce mois l'air a été calme 366 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{93}{29} = 3.21$

Moyennes des 3 observations (7 ½, 13 ½, 21 ½)

	mm
Pression atmosphérique	26.39
Nébulosité	3.7
Temp. $\frac{7\frac{1}{2} + 13\frac{1}{2} + 21\frac{1}{2}}{3}$ . . .	4°.72
Temp. $\frac{7\frac{1}{2} + 13\frac{1}{2} + 2 \times 21\frac{1}{2}}{4}$.	4°.79
Fraction de saturation.	71 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphérique .	(1836-1875)	25.03
Nébulosité	(1847-1875)	6.1
Hauteur de pluie . .	(1826-1875)	47.3
Nombre de jours de pluie	»	10
Temp. moyenne. . .	»	4°.60
Fract. de saturation	(1849-1875)	75 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	Céligny	Collex	Chambésy	Châtelaine	Satigny	Athenaz	Compesières
Hauteur d'eau en mm	62.3	60.6	57 8	58.6	70.4	66.4	48.2

Station	Veyrier	Observatoire	Cologny	Puplinge	Jussy	Hermance
Hauteur d'eau en mm	40.5	47.0	46.8	48.4	53.5	53.2

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS DE

MARS 1918

Les 5, 8, 15, 16, 17, 20, 25, 26 et 31, brouillard une partie de la journée.
les 1 et 2, vent très fort.
le 26, très forte bise.

Remarque — L'hygromètre enregistreur n'étant rentré en fonction que le 13, les minima et maxima de la fraction de saturation ne sont relevés que depuis cette date.

GRAND SAINT-BERNARD — MARS 1918

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm +							Vent				Nébulosité			
	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	7 ½	13 ½	21 ½	Dominant	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm								
1	50.3	49.3	49.6	49.7	−10.0	49 2	50.7	SW 2	SW 3	NE 1	SW 2	10	10	10	10
2	48.5	49.6	50.2	**49.4**	**−10.3**	**48.3**	51.6	SW 3	SW 4	NE 1	SW 3	10	10	10	10
3	53.3	56.4	57.8	55.8	− 3.9	51.6	58.0	NE 1	SW 1	SW 1	SW 1	10	10	1	7
4	56.4	57.0	59.1	57.5	− 2.2	56.3	60.6	SW 1	SW 2	SW 2	SW 2	4	8	10	7
5	61.4	62 9	62.8	62.4	+ 2.7	60.6	63.1	SW 2	SW 1	SW 2	SW 2	10	10	0	7
6	61.1	60.8	61.5	61.1	+ 1.4	60.5	62.0	SW 1	SW 1	NE 1	SW 1	0	1	0	0
7	60 6	60.7	59.3	60.2	+ 0.5	59.0	60.9	SW 0	NE 0	NE 0	calme	2	0	0	1
8	60.7	62.3	63.4	62.1	+ 2.4	59.3	63.5	SW 1	SW 1	NE 1	SW 1	10	9	1	7
9	63.6	64.1	64.3	64 0	+ 4.3	63.5	64.5	SW 1	SW 1	NE 1	SW 1	0	0	0	0
10	63.8	63.5	65.9	64.4	+ 4.7	63.3	66.1	NE 0	NE 1	NE 1	NE 1	0	2	1	1
11	65 0	65.2	64.6	64.9	+ 5.2	64.0	65 8	NE 0	SW 1	SW 0	SW 1	0	0	1	0
12	63.4	63.3	64.3	63.7	+ 4.0	63.0	64.5	SW 1	SW 2	SW 0	SW 1	2	9	2	4
13	64.6	64.2	64.1	64.3	+ 4.6	62.8	64.8	SW 0	SW 0	NE 1	NE 1	0	1	0	1
14	60.6	60.3	60.0	60.3	+ 0.6	59.6	62.8	NE 0	SW 0	NE 1	NE 1	0	2	0	1
15	59.0	61.0	62.7	60.9	+ 1.2	58 8	63.1	SW 1	SW 2	SW 2	SW 2	10	10	10	10
16	63.3	63.7	63.9	63.6	+ 3.9	63.1	64.1	SW 2	SW 1	NE 1	SW 1	10	10	10	10
17	63.5	64.0	65.0	64.2	+ 4.4	63.5	65.8	SW 0	SW 1	SW 1	SW 1	3	3	10	5
18	66.2	67.7	68.6	67.5	+ 7.7	65.8	68.9	NE 0	NE 1	NE 0	NE 1	0	0	1	0
19	68.1	68.0	66.2	67.4	+ 7.6	65.4	68.5	NE 0	SW 0	SW 1	SW 1	5	5	10	7
20	64.3	65.0	66.6	65.3	+ 5.5	64.2	67.1	NE 2	NE 1	NE 1	NE 1	10	10	10	10
21	67.8	69.6	70.4	**69.3**	+ **9.4**	67.1	**70 5**	NE 1	SW 0	NE 1	NE 1	6	2	0	3
22	70.0	69.0	68.8	**69.3**	+ **9.4**	68.4	70.2	NE 1	NE 0	NE 1	NE 1	0	2	1	1
23	68.2	69.3	68.9	68.8	+ 8.9	68.0	69 5	NE 0	NE 0	NE 0	calme	6	4	0	3
24	68.0	68.2	67 1	67.8	+ 7.8	65.6	68.3	SW 0	SW 1	SW 0	SW 1	2	1	0	1
25	63.2	61.6	59.2	61.3	+ 1.3	57.8	66.0	NE 1	NE 1	NE 2	NE 1	0	0	10	3
26	54.1	54.6	56.8	55.2	− 4.9	54.0	57.9	NE 4	NE 3	NE 1	NE 3	10	3	10	8
27	58.0	59.3	60.1	59.1	− 1 0	57.2	60.3	NE 2	NE 1	NE 2	NE 2	0	0	0	0
28	59.6	59.9	59.6	59.7	− 0.4	59.4	60 1	NE 1	NE 0	NE 0	NE 1	0	0	8	3
29	56.8	57.6	58.7	57.7	− 2.5	56.6	59 6	NE 0	NE 1	NE 1	NE 1	10	0	10	7
30	58.4	58.1	57.5	58.0	− 2 2	57.3	58.6	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	0	9	10	6
31	58.2	57.3	58.0	57.8	− 2.5	57.1	58.4	NE 0	SW 1	SW 1	SW 1	3	10	10	8
Mois	61.29	61.73	62.10	61.71	+2.00							4.3	4.5	4.7	4.5

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %						Pluie et Neige			
	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.	Min.	Max.	Ancien Pluie	pluv. Neige	Nouv. Pluie	pluv. Neige
	°	°	°	°	°	°	°							mm	cm	mm	cm
1	− 9.2	− 8.0	−11.2	− 9.4	− 1.2	−11.8	− 7.0	96	97	98	97	..	..	12.4	20	20.3	40
2	− 8.9	− 8.2	−11.0	− 9.5	− 1.3	−11.4	− 7.5	97	96	98	97	..	..	**34.0**	**64**	**65.8**	**82**
3	−11.4	− 9.8	−13.7	**−11.6**	− 3.5	−13.8	− 9.5	96	56	90	81	.	..	1.2	3	1.5	4
4	−13.0	−10.5	−11.2	**−11.6**	− 3.6	−15.0	− 9.6	88	89	95	91	..	..	5.2	12	7.5	15
5	−11.6	−10.2	−11.6	−11.1	− 3.1	−12.5	−10.0	96	92	93	94	.	..	1.7	3	4.5	9
6	−14.0	− 8.6	− 8.4	−10.3	− 2.4	−14.5	− 8.0	75	78	82	78	..	..	....	...	....	....
7	− 9.0	− 4.2	− 8.2	− 7.1	+ 0.7	−10.0	− 3.5	88	67	80	78	.	..	..	....	...	....
8	− 9.0	− 6.5	−10.6	− 8.7	− 0.9	−12.0	− 6.2	96	96	88	93	.	..	....	....	....	...
9	−11.9	− 6.2	−10.5	− 9.5	− 1.8	−12.8	− 5.7	85	69	88	81	..	.	....	...	...	....
10	− 9.7	− 4.7	− 8.7	− 7.7	− 0.1	−11.7	− 3.5	67	59	85	70	..	..	....	....	....	...
11	−10.2	− 4.6	− 9.7	− 8.2	− 0.6	−10.4	− 4.0	72	65	84	74	..	..	....	....	....	....
12	− 9.2	− 7.4	− 7.2	− 7.9	− 0.4	− 9.7	− 7.0	92	90	90	91	.	..	0.1	2	0.3	3
13	−10.2	− 2.0	− 7.7	− 6.6	+ 0.8	−11.0	− 1.2	57	36	62	**52**	**28**	83	...	...	....	....
14	− 7.0	− 3.0	− 7.0	− 5.7	+ 1.6	− 8.8	− 2.0	45	48	90	61	30	97	0.7	2	1.0	2
15	− 9.4	−10.8	−12.4	−10.9	− 3.7	−13.0	− 9.0	100	96	95	97	93	100	1.3	6	3.0	9
16	−11.4	− 9.6	− 8.2	− 9.7	− 2.6	−13.0	− 8.0	95	95	96	95	94	98	0.5	2	1.3	3
17	− 7.9	− 3.8	− 6.0	− 5.9	+ 1.1	− 9.0	− 2.5	97	77	100	91	62	100	..	....	....	....
18	− 6.8	− 1.6	− 5.4	− 4.6	+ 2.4	− 7.2	− 0.2	76	67	78	74	60	100	....	....	....	...
19	− 7.4	− 2.8	− 5.0	− 5.1	+ 1.8	− 7.5	− 2.0	58	57	96	70	44	98	14.0	24	19.8	29
20	− 7.0	− 5.5	− 7.2	− 6.6	+ 0.2	− 7.6	− 4.8	98	89	99	95	85	100	0.5	1	1.7	2
21	− 8.7	− 2.7	− 6.2	− 5.9	+ 0.8	− 9.7	− 1.0	96	62	81	80	47	98	....	....	....	....
22	− 6.7	− 0.8	− 4.7	− 4.1	+ 2.5	− 6.8	1.0	58	56	95	70	41	97	...	....	...	....
23	− 3.4	− 2.0	− 1.6	− 2.3	+ 4.2	− 4.7	**3.4**	60	47	75	61	43	86	..	...	....	....
24	− 1.6	0.4	− 2.0	**− 1.1**	**+ 5.3**	− 2.3	1.0	75	78	85	79	68	89	....	....	....	....
25	− 3.6	0.2	− 3.6	− 2.3	+ 4.0	− 4.0	0.6	92	81	100	91	64	100	....	....	....	...
26	− 7.4	− 7.0	−12.2	− 8.9	− 2.7	−12.8	− 4.5	99	98	97	**98**	71	100	2.4	4	8.3	10
27	−14.4	− 8.6	−10.6	−11.2	**− 5.1**	**−16.4**	− 8.4	56	56	62	58	36	90	...	....	....	...
28	− 8.6	− 0.6	− 5.4	− 4.9	+ 1.0	−11.0	1.0	59	57	61	59	37	68	1.5	2	2.1	4
29	− 6.2	− 4.0	− 7.5	− 5.9	− 0.1	− 7.9	− 2.6	95	64	85	81	45	97	4.2	9	8.8	12
30	− 8.5	− 2.9	− 3.4	− 4.9	+ 0.8	−10.8	2.0	71	42	99	71	30	100	6.0	7	7.2	10
31	− 4.0	− 2.0	− 5.6	− 3.9	+ 1.7	− 6.8	− 1.0	55	90	99	81	34	100	6.7	6	11.3	11
Mois	−8.62	−5.10	−7.86	−7.19	+0.13	−10.19	−3.86	80	73	88	80			92.4	167	164.4	245

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD — MARS 1918

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + — Fraction de saturation en %

Heure	7 ½ mm	13 ½ mm	21 ½ mm	Moyenne mm	7 ½	13 ½	21 ½	Moy.
1re décade	57.97	58.66	59.39	58.67	88	80	90	86
2e »	63.80	64.24	64.60	64.21	79	72	89	80
3e »	62.03	62.23	62.28	62.18	74	66	85	75
Mois	61.29	61.73	62.10	61.71	80	73	88	80

Température

Heure	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne $\frac{7\frac{1}{2}+13\frac{1}{2}+21\frac{1}{2}}{3}$	Moyenne $\frac{7\frac{1}{2}+13\frac{1}{2}+2\times21\frac{1}{2}}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	−10.77	− 7 69	−10.51	− 9.66	− 9.87
2e »	− 8.65	− 5.11	− 7.58	− 7.11	− 7.23
3e »	− 6.66	− 2.73	− 5.71	− 5.03	− 5.20
Mois	− 8.62	− 5.10	− 7.86	− 7.19	− 7.36

Dans ce mois l'air a été calme 290 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{43}{48} = 0.90$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	Grand St-Bernard Anc. P.	Grand St-Bernard Nouv. P.
Eau en mm . .	54.8	62 2	64.1	92.4	164.4
Neige en cm . .	34	64	108	167	245

LE PHÉNOMÈNE MAGNÉTOCALORIQUE

PAR

Pierre WEISS et Auguste PICCARD

(Avec 1 fig.)

I. Au cours d'expériences ayant pour objet le relevé exact d'un réseau d'isothermes de l'aimantation du nickel en fonction du champ, dans le voisinage du Point de Curie, nous avons observé des variations très sensibles de la température, accompagnant l'établissement ou la suppression du champ.

L'appareil comprend un four électrique contenant la substance et dont la température est indiquée à un centième de degré près par un couple constantan-argent. La substance est aimantée par un électro-aimant dont le champ est connu en fonction du courant d'excitation. L'aimantation se mesure par la méthode balistique en faisant glisser la substance, avec le four qui la contient, du centre d'une bobine induite au centre d'une autre bobine identique dont l'enroulement est de sens contraire [1].

Quand la température est voisine du Point de Curie et que l'on établit un champ de 15 000 g, on observe un échauffement pouvant atteindre 0°,7. Si l'on supprime le champ, l'échauffement disparaît. Si, l'effet de l'établissement du champ s'étant produit, on attend que la substance ait repris la température

[1] Piccard, A. *Arch. 1917*, vol. 44, p. 467.

du four, la suppression du champ produit l'effet inverse. Le couple accuse un refroidissement.

La réversibilité de cet effet suffit à marquer la différence avec le phénomène bien connu de la chaleur d'hystérèse. L'ordre de grandeur aussi est différent. La chaleur d'hystérèse ne produit, même pour un acier très dur, qu'une élévation de température de $^1/_{200}$ de degré par cycle. Pour le nickel elle est encore beaucoup plus faible.

On pouvait supposer une action du champ magnétique sur la force électromotrice du couple. Nous nous sommes assurés par des expériences indépendantes que cette action n'existe pas ou du moins qu'on peut lui assigner une limite supérieure de $^1/_{200}$ de degré. Il serait d'ailleurs bien invraisemblable que le couple fût sensible au champ magnétique seulement dans le voisinage du Point de Curie du nickel.

II. Ce phénomène est, comme la discontinuité de la chaleur spécifique au Point de Curie, une conséquence du champ moléculaire. La chaleur élémentaire communiquée à l'unité de masse est, pour un gaz paramagnétique :

$$dQ = c_\sigma dt - H d\sigma$$

où c_σ est la chaleur spécifique à aimantation constante, σ l'aimantation spécifique et H le champ magnétique.

Cette quantité devient pour une substance où les actions mutuelles d'orientation s'expriment par un champ moléculaire H_m:

$$dQ = c_\sigma dt - (H + H_m) d\sigma$$

et l'on a, pour un phénomène adiabatique :

$$dt = \frac{(H + H_m)}{c_\sigma} d\sigma$$

Mais les mesures magnétiques qui étaient le but premier de notre travail, ont montré que, conformément à l'hypothèse primitive du champ moléculaire, celui-ci est proportionnel à l'aimantation

$$H_m = n \cdot \sigma$$

En négligeant le champ extérieur par rapport au champ molé-

culaire, approximation souvent permise, on a par conséquent :

$$dt = \frac{n}{2c_\sigma}\, d\sigma^2$$

L'élévation de température est proportionnelle à l'accroissement du carré de l'aimantation.

On peut se dispenser de faire cette approximation. Tant que l'aimantation n'est pas trop grande pour être considérée comme proportionnelle au champ total $H + H_m$, c'est-à-dire pratiquement jusqu'à la moitié de la saturation absolue au moins, on a :

$$\frac{\sigma}{H + H_m}\, T = C$$

où C est la Constante de Curie. En adjoignant à cette formule la relation donnée par la théorie du champ moléculaire

$$C n = \Theta$$

où Θ est le Point de Curie, on trouve :

$$dt = \frac{T}{\Theta}\, \frac{n}{2c_\sigma}\, d\sigma^2$$

qui ne diffère de la formule approchée que par le facteur $\frac{T}{\Theta}$ peu différent de l'unité dans la région où le phénomène a une certaine importance.

Dans l'application de cette formule il convient de faire une distinction entre les variations apparentes et réelles de l'aimantation.

D'après la théorie du champ moléculaire il se produit, dans des éléments de volume de grandeur suffisante pour que le champ moléculaire puisse s'y développer, une aimantation spontanée de grandeur et de direction déterminées. La direction dépend, dans chacun de ces éléments de volume, des propriétés magnétocristallines et des accidents de la structure microscopique. Elle est donc livrée au hasard. La substance, bien que fortement aimantée, paraît non magnétique par compensation. Le champ extérieur fait dévier l'aimantation de la direction qu'elle a prise spontanément et la rapproche de sa propre direc-

tion. L'aimantation primitivement cachée devient ainsi sensible à l'observation. A la température ordinaire, dans les métaux ferromagnétiques usuels, cet effet constitue à lui seul presque toute l'aimantation donnée par les méthodes de mesures classiques, et l'aimantation à saturation n'est autre que l'aimantation spontanée complètement orientée.

Au dessus du Point de Curie l'aimantation spontanée n'existe pas et toute variation d'aimantation produite par le champ est réelle.

A faible distance au dessous du Point de Curie, en même temps qu'il se produit une aimantation apparente par orientation de l'aimantation spontanée, le champ a pour effet de changer d'une manière appréciable la grandeur réelle de l'aimantation. A chaque accroissement du champ correspondent donc des accroissements réels et apparents superposés.

Pour observer le phénomène dans sa pureté, il faut donc opérer au dessus du Point de Curie. Pour le nickel étudié, ce point est à 629°,6 abs. A 634°,9 nous avons trouvé, en faisant varier le champ de zéro aux valeurs de la première colonne, et inversement de ces valeurs à zéro :

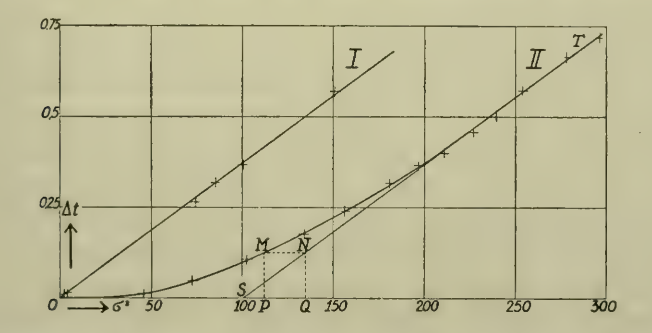
H	$\Delta t°$	σ^2	$\frac{\Delta t}{\sigma^2}$
990	0,011	2,18	(0,00505)
1320	0,014	4.04	(0,00347)
7820	0,264	74,5	0,00355
8780	0,317	85,5	0,00371
10050	0,370	100,8	0,00367
14960	0,569	151,0	0,00377

On se rend compte, par la représentation graphique, en I dans la figure, et aussi par les nombres de la dernière colonne du tableau, que la variation de température est bien proportionnelle au carré de l'aimantation. Les deux premiers points, correspondant à des effets très faibles et difficilemont mesurables avec une certaine précision relative, ont été pris pour s'assurer que Δt et σ^2 tendent vers zéro dans un rapport fini.

Le tableau suivant contient une série de mesures faites au dessous du Point de Curie, à 627°,2 abs.

H	Δt°	σ^2
320	0.011	45.8
660	0.048	72.5
1320	0.106	102.3
2330	0.176	134.5
3340	0.240	156.2
4670	0.319	181.2
5640	0.367	197
6600	0.399	211
7820	0.458	227
8780	0.500	239.5
10050	0.572	254
12320	0.665	278
14230	0.718	296.5

Ces mesures sont représentées par la courbe II. Elle part tangentiellement à l'axe des σ^2. D'abord des accroissements



notables de l'aimantation, dus pour la plus grande partie à l'orientation de l'aimantation spontanée, ne donnent lieu qu'à de très faibles phénomènes thermiques. Puis, l'aimantation réelle se développant de plus en plus, la courbe se relève, et lorsqu'à partir de $\sigma^2 = 200$ environ l'orientation est parachevée et tout accroissement d'aimantation est réel, la courbe II devient sensiblement parallèle à la droite I. Il doit en effet en être ainsi d'après la théorie développée ci-dessus, avec l'approximation consistant à remplacer $\frac{T}{\Theta}$ par l'unité.

III. On peut interpréter les courbes I et II en disant que les abscisses représentent les valeurs apparentes du carré de l'ai-

mantation et les ordonnées les valeurs vraies à une autre échelle. Quand il y a une aimantation spontanée, ces dernières sont comptées à partir du carré de cette quantité. Si l'aimantation était dès le début orientée dans la direction du champ, la courbe II serait remplacée par la ligne OST où OS est le carré de l'aimentation spontanée. Comme S T est donné par l'expérience il en résulte que les mesures calorimétriques combinées avec les mesures d'aimantation donnent sans ambiguité l'aimantation spontanée.

Mais ce n'est pas tout. Soit OP une valeur observée du carré de l'aimantation apparente. PM représentera l'excès du carré de l'aimentation vraie sur celui de l'aimantation apparente à l'échelle des ordonnées. On revient à l'échelle des abscisses en traçant MNQ. OQ est le carré de l'aimantation vraie correspondant à OP. Le phénomène magnétocalorique donne donc la grandeur de l'aimantation vraie, abstraction faite de sa direction dans la substance.

IV. Les observations du phénomène magnétocalorique ont toutes été faites 25 secondes après la fermeture ou la rupture du courant d'excitation de l'aimant. Ce retard était imposé par la lenteur de l'établissement et de la disparition du champ. Pendant ce temps la différence de température entre le corps et le milieu, c'est-à-dire le four électrique, diminue dans un rapport constant. Le phénomène est donc en réalité plus grand que les valeurs observées. Une pièce d'argent, servant à fixer la sphère de nickel dans le four, augmente sa capacité d'environ 15 % et agit dans le même sens. Néanmoins il est intéressant de calculer la valeur absolue du phénomène d'après la formule:

$$dt = \frac{n}{2c_\sigma}\, d\sigma^2$$

en empruntant à des mesures d'aimantation inédites $n = 70000$ et à l'étude calorimétrique[1] la chaleur spécifique vraie du nickel immédiatement au dessus du Point de Curie, $c_\sigma = 0{,}1256$ cal. p. degré. On trouve :

$$dt = 0{,}00665\, d\sigma^2$$

[1] Weiss, Piccard et Carrard, *Arch. 1917*, vol. 43. p. 11.

valeur 1,8 fois plus grande que la valeur observée 0,0037, ce qui est parfaitement plausible.

V. La démonstration expérimentale du phénomène magnétocalorique serait facile s'il ne fallait, pour l'observer avec une certaine ampleur, porter la substance à une température voisine du Point de Curie, maintenir cette température constante et mesurer exactement ses variations. Elle serait beaucoup plus simple pour une substance dont le Point de Curie serait à la température ordinaire. Tel est le cas de certains ferronickels irréversibles, de titre en nickel voisin de 25 ou 30 %, quand par une élévation de température préalable on les a amenés à l'état non magnétique à la température ordinaire. Nous avons examiné à cet effet une petite collection de ferronickels que nous devons à M. Ch.-Ed. Guillaume et nous avons trouvé que le métal contenant 27 % de nickel et 2 % de carbone donne, dans un champ de 21 000 g. un effet de 0°,34 environ qui varie peu dans l'intervalle de 8° à 37°. On est donc dans le voisinage de son maximum. Avec cette substance la démonstration du phénomène magnétocalorique devient une expérience de cours des plus faciles.

VI. En résumé, ce nouveau phénomène apporte une confirmation frappante de la théorie du champ moléculaire qui rend compte de toutes ses particularités et aurait pu le faire prévoir.

Il est intéressant aussi comme moyen d'investigation, en permettant de déduire de l'aimantation apparente observée l'aimantation vraie, débarrassée de l'effet de raccourci produit par son inclinaison sur la direction du champ. Dans l'établissement d'un réseau précis d'isothermes de l'aimantation, étude actuellement en voie d'exécution, on pourra tracer, à côté des isothermes de l'aimantation apparente, les isothermes de la grandeur vraie, particulièrement précieuses pour le contrôle de la théorie.

Enfin dès à présent le phénomène magnétocalorique a donné la valeur de l'aimantation spontanée à quelques températures. Ces déterminations sont d'accord avec celles que l'on peut déduire de mesures purement magnétiques.

RECHERCHES

SUR LA

RADIOACTIVITÉ DES EAUX

NEUCHATELOISES ET SEELANDAISES

PAR

H. PERRET et A. JAQUEROD

(Avec 6 fig. et 1 planche)

(Suite).

VI. Etude générale.

A. *Tabelles.* — Les tableaux suivants résument les résultats de nos recherches. La colonne intitulée « Position sur la carte » permet de situer les sources : ainsi, 86, C . H, indique la source N. 86, dans le rectangle de la carte ayant C comme abscisse et H comme ordonnée [1].

Chaque source est représentée par un petit cercle comprenant un secteur noir plus ou moins grand. Ce secteur est proportionnel à la quantité d'émanation par litre de la source, comme l'indique la légende qui accompagne la carte.

La colonne intitulée « Teneur totale » donne, pour chaque source, le produit de l'émanation par litre par le débit. Ce dernier, il est bon de le rappeler, n'est qu'approximatif, car il est souvent très difficile de l'évaluer exactement par une méthode simple. Parfois, nous n'avons aucune indication à ce sujet.

[1] Voir la planche I.

Sources neuchâteloises.

N°	Nom de la source	Date	Debit en l par m	Temp. eau	Eman. par l 10^{-10} C	Eman. totale	Position sur la carte
1	Abbesses	22- 1-16	4	5	traces	traces	D. I.
2	Ruz Chatru	22- 1-16		6	0,19		
3	Grand' Vigne	22- 1-16		11	0,22		
4	Bregot	9- 9-15	80	8	0,25	20	
5	Epinettes	9- 9-15	40	8	0,18	72	
6	Roty	9- 9-15	80	9	0,22	18	
7	Plan des Faougs	15- 1-15		11	rien		
8	Les Guches	15- 1-15		10	traces		
9	Glettrens	2- 8-15			0,13		
10	Neuchâtel (lac)	28- 9-16		12	0,06		
11	Neuchâtel (éviers)	28- 9-16		12	0,54		
12	Noiraigue (?)	6- 4-15	8	12	0,10	1,52	C. I.
13	La Noiraigue	6- 4-15	15000	6	0,24	3600	
14	Oeuillons	12- 8-16	6	9	0,65	3,9	
15	Fontaine froide	13- 8-16	3	8	0,79	2,37	
16	Mont. de Boudry	28- 5-16		9	rien		
17	Mont. de Boudry	29- 1-16			0,47		
18	Combe grise	15- 3-16	40	8	0,17	6,68	
19	Moillat	15- 3-16	75	7	0,23	17,25	
20	Chez le Bois	5- 3-15	36	8	0,24	8,64	
21	Château Gredin	5- 3-15	1600	10	0,45	720	
22	Les Ponts (ferr.)	26-11-14			0,27		
23	Les Ponts (sulf.)	26-11-14			0,20		
24	Pré St-Pierre	3- 7-15	5	14	0,25	1,25	
25	Pré Juard	3- 7-15	30	12	0,23	6,9	
26	Corne du Bois	3- 8-15	5 1/2	13	rien		
27	Les Tannes	26- 2-15	300	7	0,10	30	
28	Brenaz	26- 2-15	45	7,5	0,46	1,61	
29	Grandes Prises	19- 2-15			0,16		B. I.
30	Pré Chardon	18- 2-15	100	4,5	0.15	15	
31	Neyri	16-12-15	85	6	0,11	9,35	
32	Tailleu	16-12-15	22	8	traces		
33	La Doubs	20- 4-15	600	7	0,15	90	
34	Araignée	20- 4-15	75	8	0,10	75	
35	Breuil inférieur	13- 9-15	2	8	0,38	0,64	
36	Les Raisses	13- 9-15		7,5	0,32		
37	Sassel	13- 9-15	2	9	0.27	0,54	

N°	Nom de la source	Date	Débit	Temp. eau	Eman. par l	Eman. totale	Position sur la carte
38	Sagnette	15- 9-15	25	9	0,42	10,05	B. I.
39	La Brévine (ferr.)	20- 1-15			0,08		
40	Les Aujets	24-12-14		12	0,52		A. I.
41	La Fille	24-12-14		11	0.06		
42	Cergnat	7- 7-14			0,21		D. H.
43	Pierre à Bot	22- 6-14			0,25		
44	Trois Pigeons	30- 6-14			2,40		
45	Villars (Village)	27-12-15	10	10	0,20	2	
46	Saules	27-12-15	3	5	rien	rien	
47	Rosey	11- 6-15	1	10	0,27	0,27	
48	La Creuse	20- 7-14			0,18		
49	Fonteny	28- 9-14			0,50		
50	St-Blaise (tunnel)	12- 9-15	3	14	0,24	0,72	
51	Ruau	1-10-15	120	10	0,12	14,4	
52	Les Barbes	6-11-15	puits		0,25		E. H.
53	Les Planches	6-11-15			0.20		
54	Sur le Peu	4-11-15	10	6	0,15	1,5	
55	Cressier (fontaine)	12- 4-15	900	10	0,53	477	
56	Montruz	12- 4-15	fort	9	0,26		
57	Cressier (Eviers)	12- 4-15		8	0,31		
58	Landeron (réservoir)	10- 3-15	72	6	0.17	12,4	
59	Combazin	10- 3-15	18	8	0,36	6,68	
60	Les Brous	18- 6-15	2	13,5	0,78	1,55	
61	Clemenau	18- 6-15		9,5	0,27		
62	Les Crêtes	1-12-14			0,09		C. H.
63	Grands Prés	1-12-14		10	0,27		
64	Combe Girard	22-10-14	4	8	2,62	10,48	
65	La Jacques	5- 9-14	8	11	0,48	3,84	
66	Entre-Deux-Monts	22- 7-15	7	5	0,39	2,73	
67	Roches de la Sagne	22- 7-15	50	6,5	0,41	20,5	
68	La Jaluse	22- 1-17	7,5	5	0,20	1,5	
69	Les Replates	6- 9-17	4	11,5	0,88	35,2	
70	Varodes	26- 6-16	3,8	9,5	0,47	1,79	
71	Crozot	9-10-16	puits	10	0,311		
72	Combe Robert	19-10-16	1,5	6,5	traces	traces	
73	Le Rocher	19-10-16	50	10	0,56	28	
74	Vioulou (pâture)	24- 6-17	6	7	3,71	22,26	
75	Calames (école)	28- 6-17	1	12	1,38	1,38	
76	Molière	9- 7-17	35	9	0,57	20	

N°	Nom de la source	Date	Débit en l par m	Temp. eau	Eman. par l	Eman. totale	Position sur la carte
77	La Claire (Haut)	1- 8-17	10	7	0.72	7,2	C. H.
78	Combe Jeanneret	6- 9-17	8	8	0,41	32,8	
79	Replates (Haut)	13- 8-17	6	11	0,34	1,44	
80	Crêt Perrelet	29- 8-17	12	11	0,14	1,68	
81	Eplatures	16-11-17	7	8	1,04	7,28	
82	Les Frêtes (Combôles)	29- 9-17	2,25	13,5	rien	rien	
83	Combe des Enfers	27-10-16	40	6	0,59	23,6	
84	Eplatures	16-11-17	16	7,5	2,02	32,32	
85	Eplatures	16-11-17	1,3	7	1.54	2	
86	La Recorne	9-12-16	4	6,5	0,06	0,24	
87	Bas Monsieur	2- 9-15	puits	8	0,09		D. H.
88	Moulin de la Roche	2- 9-15	15	5	0,11	1,65	
89	Bas Monsieur	2- 9-15	puits	9	traces		
90	Pouillerel	17-11-17	faible	5,5	0.25		C. H.
91	Le Quartier	16-11-17	2,5	5	0.36	0,90	
92	Chaux-du-Milieu	16-11-17	4,5	6	0,37	1,67	
93	Charbonnière	25-11-17	20	4	0,34	6,8	D. H.
94	St-Blaise	20- 9-16	4	8	0,15	0,60	
95	Roche des Crocs	23-11-17	12	4	0,29	3,48	
96	Les Roulets	27-11-17	puits	4	0,36		
97	Les Roulets	27-11-17	puits	5	0,48		
109	Chaux-de-Fonds	3-12-17	1	7	0,73	0,73	
110	Chaux-de-Fonds	10-12-17	1	6,5	0,42	0,42	
111	Le Chalet	20-12-17	80	4	0,11	8,8	

Quelques sources bernoises[1].

N°	Nom de la source	Date	Débit	Temp. eau	Eman. par l	Eman. totale
98	Puits Racheter	13- 5-14		11	0,42	
90	Puits Méroz	14- 7-14		12	0,31	
100	Taubenloch I	25- 5-16	4	10	0,10	0,40
101	Taubenloch II	25- 5-16	2	10	0,12	0,24
102	Bienne (éviers)	24- 6-15		12	0.12	
103	Macolin	22- 6-16	9	10	0,08	0,72
104	Brühl	12- 4-14	8	11	0,35	2,80
105	Seeland	27- 5-14	3	11	0,84	2.52
106	Péry	23- 7-16	12	9	0,24	3,6
107	Lac de Bienne	25- 6-17		18	traces	
108	Aar (sortie du Lac)	25- 6-17		16	traces	

[1] Plusieurs de ces sources figurent sur la carte de Madretsch (voir n° juin des *Arch.*). Pour les autres, il ne valait pas la peine de faire une carte spéciale.

B. *Conclusions.* — Avant de traiter chacun des points du plan que nous nous sommes proposé, il nous paraît intéressant et utile de faire un court exposé historique de la question.

On pourra ainsi facilement comparer nos résultats à ceux qui ont été trouvés jusqu'à présent, à notre connaissance du moins.

Les chiffres entre parenthèses se rapportent à ceux du chapitre intitulé « Ouvrages consultés ».

1. Radioactivité des sources.

Note historique. — Les recherches faites jusqu'à ce jour sur la radioactivité des eaux montrent qu'elles emportent toutes du sol une certaine quantité d'émanation. S'il est vrai que certaines eaux sont si peu radioactives que leur émanation n'influence pas les appareils, tout fait prévoir que des appareils plus sensibles ne tarderont pas à la déceler.

Les travaux ont surtout porté sur les eaux thermales et minérales dont la radioactivité est en général relativement forte, et qui, grâce à leurs vertus, offraient un intérêt particulier. Les eaux ordinaires ont été beaucoup moins étudiées. Celles du Simplon ont donné lieu à des travaux de G. von der Born (20) et, comme il fallait s'y attendre, vu leur provenance, elles sont fortement actives.

Dinert a étudié les eaux potables qui alimentent la ville de Paris (32). Presque toutes ont une faible activité. Le maximum est donné par la source de la Dhuys qui contenait une quantité d'émanation de $6 . \overline{10}^{10}$.C par litre. Celle du groupe de la vanne donnent des résultats allant de 0,8 à $1{,}5 . \overline{10}^{10}$ C/L ; les eaux du Nouvet, d'Erigny, de Rivière, du Breuil, contiennent également peu d'émanation.

Schmidt et Kurz (38) ont analysé un très grand nombre de sources de la Hesse. Ils arrivent à ce résultat que confirment nos recherches : ***Presque toutes les eaux qui sortent du sol sont radioactives.***

Muller a étudié les eaux potables qui alimentent Mulhouse ; leur activité est relativement forte et va jusqu'à près de $30 . \overline{10}^{10}$ C/L (67).

Satterly s'est occupé des eaux de Cambridge : leur activité va de 1.3 à $1{,}96 . \overline{10}^{10}$ C/L.

C. Schiffner s'est occupé des eaux de la Saxe (55), et ses recherches portent sur plus de 170 sources.

Radioactivité des sources neuchâteloises et bernoises. — Comme le montrent les résumés et les cartes, presque toutes les eaux que nous avons étudiées sont radioactives. Celles qui ne dégagent aucune émanation appréciable sont les suivantes :

Plan des Faougs, près de Peseux	N° 7	D I
Montagne de Boudry II	16	C I
Corne du Bois, près de Montalchez	26	C I
Saules	46	D H
Les Frêtes, près du Locle	82	C H

D'autres sources contiennent une si faible quantité d'émanation qu'il est impossible d'en indiquer sûrement la quantité ; ce sont les suivantes :

Abbesses près d'Auvernier	N° 1	D I
Les Guches près de Peseux	8	C I
La Tailleu près de Boveresse	32	B I
Combe Robert près du Locle	72	C H
Bas Monsieur près de la Chaux-de-Fonds	89	D H
Lac de Bienne et Aar	107 et 108 (2e carte).	

La proportion des eaux inactives ou très faiblement actives, en tenant compte des expériences dont nous parlerons dans les chapitres suivants et qui portent sur d'autres sources, se monte à peine à 7 %.

Dans près du 80 % des cas, l'activité des eaux ne dépasse pas $0{,}5 . \overline{10}^{10}$ C/L. Les sources plus actives, mais dont la quantité d'émanation reste cependant inférieure à $\overline{10}^{10}$C/L, sont :

Neuchâtel (éviers)	$0{,}54 . \overline{10}^{10}$ C/L	N° 11	D I
Oeuillons	0,65	14	C I
Fontaine froide	0,79	15	C I
Les Aujets près des Verrières	0,52	40	A I
Cressier (fontaine)	0,53	55	E H
Les Brous, près de Lignières	0,78	60	E H
Les Replates, près du Locle	0,88	69	C H
Le Rocher » »	0,56	73	C H
La Molière » »	0,57	76	C H
La Claire (Haut) » »	0,72	77	C H
Combe des Enfers » »	0,59	83	C H
Chaux-de-Fonds	0,73	109	D H
Seeland	0,84	105	(2e carte)

Enfin, voici les seules sources qui contiennent plus de $\overline{10}^{10}$ C/L.

Les Trois Pigeons, près de Valangin	$2{,}40 . \overline{10}^{10}$ C/L	N° 44	D H
Combe Girard, près du Locle	2,62	64	C H
Vioulon, Pâturage, près du Locle	3,71	74	C H
Eplatures	1,04	81	C H
Eplatures	2,02	84	C H
Eplatures	1,54	85	C H

Remarquons en passant, qu'à l'exception de la première, elles appartiennent toutes à la région des Montagnes.

Ces résultats montrent clairement qu'une première conclusion s'impose :

La radioactivité des eaux neuchâteloises et seelandaises est faible et varie en général de 0 à 0,50 . $\overline{10}^{10}$ C/L.

2. Nature de l'émanation.

Note historique. — En général, l'émanation observée par les divers auteurs est celle du radium. Cependant, il arrive assez fréquemment que cette émanation soit accompagnée de celle du thorium, mais cette dernière n'est pas toujours recherchée.

Starke (3, p. 87) a porté ses recherches sur 32 sources des environs de Halle. Une vingtaine contiennent, à côté de l'émanation du radium, celle du thorium. Elle est due à des sels dissous dans l'eau. Ce résultat est conforme à celui qui a été trouvé par Rutherford (3, p. 88) après ses recherches sur les eaux de Baden-Baden.

G. A. Blanc (18) a trouvé que les dépôts solides, formés aux sources d'Echaillon en Maurienne et aux petites sources de Salins-Moutier, émettent l'émanation du thorium, ce qui prouve que les eaux de ces sources en contiennent en dissolution.

G. von der Born (20) a divisé les sources du Simplon en deux classes, désignées par les symboles TH et R : le premier se rapportant aux eaux qui contiennent l'émanation du thorium, le second à celles qui ne contiennent que l'émanation du radium.

Laborde et Lepape (81) ont aussi trouvé, dans les eaux de Luxeuil et de la Néris, de l'oxyde de thorium. Les sédiments de la première en contiennent $5 . \overline{10}^3$ *g* par *g* et ceux de la seconde $1 . \overline{10}^{10}$ *g* par *g*.

Les émanations de quelques sources fort rares ne suivent aucune loi connue. Mache et Adam (2, II, p. 499) ont signalé une émanation dont la période est de trois jours. G. Vicenti et Levi di Zara (14) ont constaté, par la méthode ordinaire, dans les eaux Euganéennes, la présence d'une émanation dont la loi de décroissance de la radioactivité induite diffère notablement de celle du radium [1]. Seule la source de Montegretto fait exception.

Ce résultat est confirmé par Muller, mais contesté par Elster et Geitel qui ont étudié les sources de Bataglia.

Sokolof trouve que les eaux de Narzan (15) suivent la loi exprimée par

$$I = I_0 . e^{-\lambda t} = \frac{1}{357 . 000} \sec^{-1} ,$$

d'où l'on déduit $\Theta = 2{,}86\, j$.

G.-A. Blanc a établi que l'émanation de certaines eaux d'Aix-les-Bains

[1] Il est fort probable que ces constatations reposent sur des erreurs expérimentales.

diminue de moitié en deux jours, tandis que, pour d'autres, la $^1/_2$ période est de trois jours (18). L'auteur signale qu'une loi semblable a été trouvée par Ebert et Ewers pour les gaz extraits du sol, et par Adam pour l'émanation des eaux de Cambridge.

E. Dorn déclare que l'émanation des eaux de Gastein (21) a une période différente de celle du radium, et signale le fait que Elster et Geitel ont également trouvé, à Baden-Baden, une autre émanation que celle du radium. Il en est de même à Wildbad en Wurtemberg, où les eaux dégagent une émanation dont la période est plus longue que celle de l'émanation du radium.

C. Schiffner (55) affirme que certaines eaux de la Saxe ont une émanation qui n'est pas celle du radium. Enfin, Battelli, Occhiavelli et Chella (29) ont constaté, dans les eaux de San-Giuliano, en Toscane, la présence d'une émanation dont la période est de 6 jours, et qui produit une radioactivité induite diminuant de moitié en 37 minutes.

Sources neuchâteloises et seelandaises. — Comme nous n'avons fait aucune expérience sur place, il n'était pas question de voir si les eaux contenaient l'émanation du thorium. Il est vrai qu'elles auraient pu contenir des sels en dissolution, et particulièrement du radiothorium ; dans ce cas, leur influence se serait fait sentir, en seconde analyse. Cela se serait-il produit, que nous n'aurions pu le constater que pour une énorme activité. En effet, d'après la méthode que nous avons suivie, l'air entre très lentement dans la chambre d'ionisation, et, s'il contenait de l'émanation du thorium, elle disparaîtrait au fur et à mesure de son introduction.

Nous n'avons pas constaté non plus la présence d'une émanation de longue période autre que celle du radium. Dans le 95 °/₀ des cas, les courants d'ionisation variaient bien suivant la loi [1] :

$$I = I_0 \cdot e^{-\lambda t} \qquad \text{où} \qquad \lambda = 0{,}0075 \text{ (heure)}^{-1} .$$

C'est la loi qui caractérise l'émanation du radium.

Quelques sources laissaient subsister des doutes, mais les détails des expériences et les études ultérieures nous ont montré clairement, que l'émanation de leurs eaux suit également la loi générale.

Ainsi : *Toutes les émanations observées sont dues au radium.*

[1] Voir l'exemple numérique de la p. 294.

3. Influence de la température et du débit.

Note historique. — En général, tous les auteurs affirment qu'il n'y a pas de relation entre l'émanation d'une source et sa température.

Kurz et Schmidt ont analysé plusieurs centaines de sources de la Hesse, aussi doit-on considérer leurs résultats comme parmi les plus probables. Ils établissent qu'il n'y a pas de rapport (38) :

1° entre l'émanation et la température ; 2° entre le débit et l'émanation ; 3° entre la profondeur et l'émanation ; 4° entre la composition chimique et l'émanation.

Brochet (47) établit que, pour les eaux de Plombières, il n'y a pas de relation entre la température et l'activité.

Laborde et Lepape (81), après avoir étudié les sources de Vichy, posent en principe qu'il n'y a aucun rapport : 1° entre l'émanation d'une source et sa température ; 2° entre les émanations et les débits.

Mache arrive à la même conclusion en ce qui concerne les eaux de Gastein (13). Au contraire, Hermann et Pesendorf (12) concluent de leurs expériences sur les eaux de Karlsbad que les sources froides sont en général plus actives que les sources chaudes. Isitani et Yamakava (79) confirment ce résultat pour les eaux de Formose.

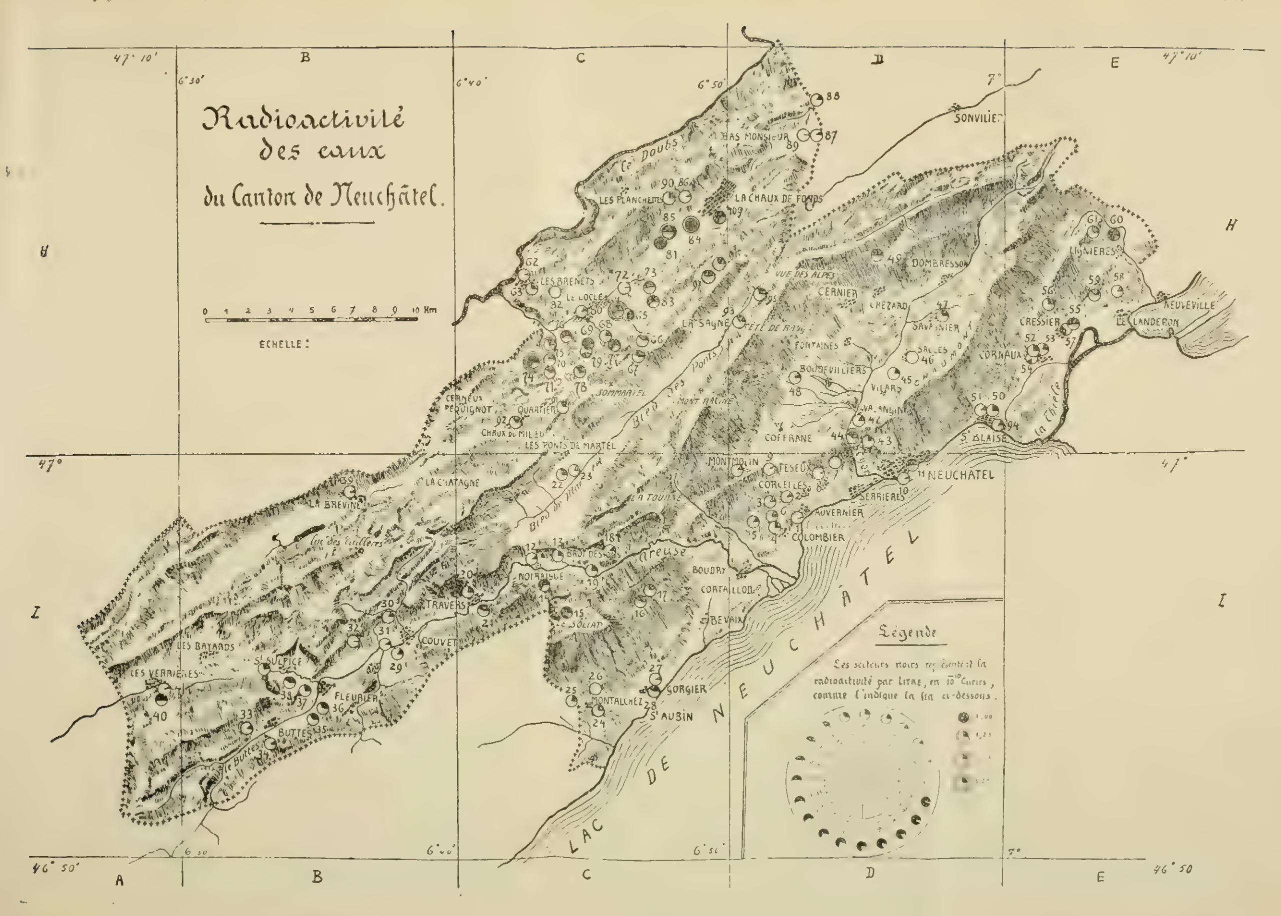
Eaux neuchâteloises et seelandaises. — Les quantités d'émanation variant peu d'une source à l'autre, et les débits variant considérablement, il apparaît d'emblée *qu'il n'y a pas de relation entre le débit et la radioactivité,* et par conséquent entre l'activité par litre et l'activité totale.

Il n'y en a pas davantage entre la radioactivité et la température. Le tableau suivant le prouve, puisque, pour des activités presque égales, débits et températures sont absolument différents.

N°	Emanation par litre	Débit	Temp.	N°	Emanation par litre	Débit	Temp.
12	$0{,}10 \cdot \overline{10}^{10}$ C	8	12	13	$0{,}24 \cdot \overline{10}^{10}$ C	15.000	6
27	0,10	300	7	20	0,24	36	8
34	0,10	75	8	50	0,24	3	4
100	0,10	4	10	106	0,24	12	9
31	0,11	85	6	4	0,25	80	8
88	0,11	15	5	24	0,25	5	14
51	0,12	120	10	90	0,25	faible	5,5
101	0,12	2	10		etc.		

Il est bon de faire remarquer cependant que les eaux ont été prises à toutes les époques de l'année et par tous les temps. Les


47° 10'
E
47° 10'
7°
SONVILIER
H
H
BRESSON
61
60
LIGNIÈRES
59
58
56
55
47
NEUVEVILLE
LE LANDERON
CRESSIER
52
53
57
CORNAUX
54
51
50
94
St BLAISE
La Thièle
47°
47°
NEUCHATEL
I
I
LES VERRI
40
présentent la
en 10^{-10} Curies,
ci-dessous.
1,00
1,25
2,25
3,25
7°
46° 50'
46° 50
A
E


Radioactivité des eaux du Canton de Neuchâtel.
ECHELLE :
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Km
Légende
Les secteurs noirs représentent la radioactivité par LITRE, en 10^{-10} Curies, comme l'indique la fig. ci-dessous.
LA CHAUX DE FONDS
LES PLANCHETTES
LES BRENETS
LE LOCLE
LA SAGNE
LES PONTS DE MARTEL
LA BREVINE
LES BAYARDS
LES VERRIÈRES
S^T SULPICE
FLEURIER
BUTTES
TRAVERS
COUVET
NOIRAIGUE
BOUDRY
CORTAILLOD
BEVAIX
GORGIER
S^T AUBIN
MONTALCHEZ
COLOMBIER
AUVERNIER
SERRIÈRES
NEUCHATEL
S^T BLAISE
CERNIER
DOMBRESSON
CHÉZARD
FONTAINES
BOUDEVILLIERS
VALANGIN
COFFRANE
MONTMOLLIN
PESEUX
CORCELLES
CRESSIER
CORNAUX
LIGNIÈRES
LE LANDERON
NEUVEVILLE
SONVILIER
LAC DE NEUCHÂTEL
Le Doubs
Areuse
La Thièle
LA TOURNE
LA CHATAGNE
SOMMARTEL
MONT RACINE
VUE DES ALPES
TÊTE DE RANG
CHAUX DU MILIEU
CERNEUX PEQUIGNOT
QUARTIER
BAS MONSIEUR
Lac des Taillères
LE SOLIAT
Bied des Ponts
SAVAGNIER
SALES
VILARS
46° 50'
47°
47° 10'
6° 30'
6° 40'
6° 50'
7°

températures, les débits ont donc considérablement varié pour une même source, et, pour pouvoir comparer avantageusement les activités de sources différentes, il faudrait prélever les eaux le même jour et dans un rayon assez restreint pour que l'on puisse considérer les conditions météorologiques comme semblables.

Cela n'est possible que pour quelques sources puisque l'émanation disparaît rapidement avec le temps et que le nombre des appareils de dosage est nécessairement très limité.

D'autre part, avant de commencer cette étude, forcément longue, il est bon de s'assurer que, pour une même source, l'activité est fonction du débit et de la température. Si ce n'est pas le cas, on ne saurait trouver, pour des sources différentes, une relation quelconque.

Nous avons entrepris cette étude et nous en parlerons dans un chapitre spécial (Etude de deux sources).

4. Eaux thermales et minérales.

Note historique. — On sait que la plupart des eaux thermales et minérales sont très fortement actives. Il suffit de jeter un coup d'œil sur le tableau que donne Gockel (3, p. 90) pour s'en convaincre. C'est même à l'émanation qu'elles contiennent que l'on attribue leur vertu ; on explique le fait qu'il faut boire l'eau à la source même et que les eaux transportées sont inefficaces, par la disparition de l'émanation avec le temps[1].

Cependant, certaines eaux thermales ou minérales contiennent très peu d'émanation. C'est souvent le cas pour les eaux sulfureuses froides qui naissent dans des terrains sédimenteux et qui parfois sont presque complètement inactives.

Voici quelques sources renommées mais très peu actives (3, p. 90-92) :

Wiesbaden, Adlerquelle	$2{,}2 \cdot \overline{10}^{10}$ C/L	64°
Wildbad, Kaltequelle	0,74	
Kannstatt, Kursaal	2,2	
Karlsbad, Sprudel	0,37	71°,3
Franzensbad, Loimannsquelle	3,5	11°
Franzensbad, Salzquelle	4,8	11°
Vichy, source de l'Hôpital	0,18	33°,8
Vichy, source des Célestins	0,48	15°
Louèche	1,1	51°
Pfäfers-Ragaz, Stollenquelle	2,6	36°
Schuls, Sotsassquelle	3,7	froide
Tarasp, Carolaquelle	4,1	froide

[1] On sait que la composition chimique de plusieurs eaux très efficaces ne présente rien de particulier.

La littérature concernant les eaux thermales et minérales est très riche, aussi nous est-il impossible d'en donner un résumé même succinct.

Eaux neuchâteloises et seelandaises. — Nous ne connaissons jusqu'à présent que la radioactivité de quatre sources ferrugineuses et d'une source sulfureuses. Ce sont :

Source ferrugineuse de la Brévine	$0{,}08 \cdot \overline{10}^{10}$ C/L	N. 39
» » des Ponts	0,27	22
» » de St-Blaise	traces	51
» » de la Molière	0,57	76
» sulfureuse des Ponts	0,20	23

Ces cinq sources sont froides et leur activité est au-dessous de la moyenne.

5. Y a-t-il des régions de même radioactivité ?

Note historique. — L'activité d'une même source variant considérablement, il est très difficile, comme nous l'avons déjà fait remarquer (page 345), de comparer des sources dont les eaux ont été prises à différentes époques de l'année.

Souvent, des sources très voisines ont des activités différentes. Les sources de Vichy sont caractéristiques à ce point de vue : tandis que l'activité de la source de l'Hôpital est de $0{,}2 \cdot \overline{10}^{10}$ C/L, celle de la Bourboule est de $229 \cdot \overline{10}^{10}$ C/L, c'est-à-dire 1000 fois plus forte que la précédente (81).

Au Val-les-Bains, les différences, quoique moins fortes, sont considérables : la source Ste-Marie a une activité de 3,4 et celle de St-Dominique de $1480 \cdot \overline{10}^{10}$ C/L (6).

Diénert a étudié les eaux captées par la ville de Paris (32) ; il les a divisées en trois classes et arrive aux conclusions suivantes :

1. Il y a une grande différence dans la radioactivité des eaux issues d'un même gisement géologique. Ainsi, le groupe de Loing et du Lunain est moins radioactif que celui de la Vanne.

2. Dans un même groupe, il y a également des différences dans les activités, mais elles sont moins fortes.

Ainsi, les sources de Cochepies et du Miroir, qui ont un primaire d'alimentation dans le fort d'Othe, ont une radioactivité identique, mais différente de celle des sources de Flacy et de Pâture, issues toutes deux d'un primaire d'alimentation voisin, situé près de la rivière de la Vanne.

Aux groupes du Loing et du Lunain, les sources de Bourron et de Chaintréauville, émergeant dans la vallée du Loin, ont une radioactivité identique, mais différente de celle de St-Thomas et de Villemer constituant le groupe de la vallée du Lunain.

3. Par ces groupements, il semble qu'il y ait des zones de même radioactivité.

4. Les sources dont les primaires d'alimentation sont très riches en argile sont les plus actives.

Gockel (3) déclare qu'il est difficile d'établir une relation entre les émanations des eaux et la provenance de ces dernières, pour les raisons suivantes :

1. Il est impossible de dire, d'après les terrains situés aux environs du griffon d'une source, les terrains que l'eau a parcourus avant sa sortie. On sait que deux sources qui ont leurs points de sortie très voisins peuvent avoir des températures et des compositions chimiques très différentes.

2. L'émanation du radium peut provenir des terrains que l'eau a traversés, mais elle peut aussi provenir de terrains très éloignés, après avoir passé par des fissures.

3. Les eaux qui ont traversé des terrains riches en radium peuvent se mêler à des eaux faiblement actives ou inactives provenant d'autres terrains, de sorte que l'on ne mesure qu'une activité moyenne.

4. L'eau qui coule très lentement à travers des canaux étroits, situés dans des terrains contenant de l'émanation, en sera plus chargée que des eaux qui couleront dans de grandes artères.

Ajoutons que l'émanation est fonction du temps et qu'il n'est pas possible de savoir combien de temps une eau a séjourné sous terre.

On sait, d'une manière générale, que les eaux les plus actives sont celles qui proviennent des terrains anciens, et, comme le dit Gockel, cette question complexe fera un grand pas le jour où l'on ne se contentera plus d'étudier les eaux minérales, mais où l'on étudiera toutes les eaux d'une région.

Sources neuchâteloises et seelandaises. — Les eaux ayant été prises à toutes les époques de l'année et par tous les temps, les unes renferment beaucoup d'eau de pluie, qui n'ont fait que traverser de faibles couches de terrain, les autres n'en contiennent que peu ou pas du tout.

On ne pourra donc se baser que sur la moyenne d'un grand nombre de sources. Malgré les difficultés du problème, nos expériences sont assez nombreuses pour que nous puissions en tirer des conclusions certaines.

I. Les eaux des Montagnes sont sensiblement plus actives que celles des Vallées et du Vignoble. Dans la première de ces régions, 25 sources sur 40 contenaient une émanation supérieure à $0{,}30 \, . \, \overline{10}^{10}$ C/L. Dans la seconde, 19 sur 68 sont dans ce cas (le Seeland étant compris dans le Vignoble). C'est pour la première région le 62 °/₀ et pour la seconde le 28 °/₀.

II. Tandis que le 30 °/₀ des eaux de la première région contiennent une émanation supérieure à $0{,}5 \, . \, \overline{10}^{10}$ C/L, le 13 °/₀ seulement des eaux de la seconde sont dans le même cas.

III. Dans les Montagnes, cinq sources (13 °/₀) ont donné une

émanation supérieure à $1 . \overline{10}^{10}$ C/L. Dans la seconde région, une seule source, celle des Trois-Pigeons, près de Valangin, présente une aussi forte activité[1].

IV. Le contraste est surtout frappant si l'on considère le Vignoble neuchâtelois seul et qu'on le compare à la région des Montagnes. Dans le Vignoble, 4 sources sur 28 (14 $^0/_0$) ont une activité supérieure à $0{,}25 . \overline{10}^{10}$ C/L, et une seule dépasse $0{,}50 . \overline{10}^{10}$. Dans les Montagnes, le 70 $^0/_0$ des eaux sont dans le premier cas, et un grand nombre dans le second.

La Région intermédiaire du Val de Travers présente, relativement aux deux précédentes, une activité moyenne. Le 44 $^0/_0$ de ses sources contient une émanation supérieure à $\overline{10}.^{10}$ C/L.

Ainsi, *l'activité des eaux augmente quand on va du SE au NW.* Cette conclusion qui s'impose, même après un examen sommaire de la carte, semble conforme aux prévisions géologiques, et montre qu'*il y a une relation entre la radioactivité des eaux et leur provenance,* relation qui n'apparaît souvent et ne devient certaine que si l'on considère un grand nombre de sources.

Voici, à ce sujet, les renseignements que M. le professeur Argand nous a obligeamment donnés : « Il n'est pas étonnant que la radioactivité soit plus grande dans la région du NW où il y a tout lieu de croire que l'infra-structure cristalline est plus rapprochée de la surface que dans le SE. Plusieurs max. importants et très caractérisés (les n°s 64 et 74 par exemple), se trouvent sur l'affleurement des plis-failles dont les surfaces de dislocation sont particulièrement pénétrantes et se rapprochent de l'infra-structure. On conçoit que, dans ces conditions, l'adduction des eaux radifères provenant du lavage du granit soit particulièrement facilitée et que les dites régions soient privilégiées par rapport aux territoires immédiatement limitrophes. »

La question de la délimitation de régions de même activité est si importante que nous n'avons pas voulu nous contenter des résultats précédents et que nous avons étudié minutieusement deux régions, l'une au NW, l'autre au SE. C'est le sujet du chapitre suivant. *(A suivre.)*

[1] Cette source sort d'une grotte profonde. Les eaux ont probablement traversé des couches épaisses de terrains, ce qui expliquerait en partie leur forte activité.

UNE PÉRIODICITÉ REMARQUABLE

DES HAUTES PRESSIONS ATMOSPHÉRIQUES

DANS LES ALPES EN HIVER

PAR

J. MAURER

Directeur de l'Institut météorologique central de Zurich.

(Avec 1 fig.)

La recherche des périodicités météorologiques a été particulièrement en vogue autrefois, surtout de 1870 à 1880.

On avait alors la tendance de rattacher immédiatement à l'activité solaire presque tous les faits météorologiques intéressants constatés sur notre globe. A cette époque, mon vénéré maître, Rodolphe Wolf, bien connu par ses études sur les taches solaires, me disait un jour d'un air attristé : « Il y a dans ces recherches une complexité trompeuse, jamais nous ne pouvons nous déclarer satisfaits ! » Aujourd'hui on s'adonne de nouveau, avec une activité très prononcée, à la recherche de périodicités météorologiques inconnues ou apparentes, on est porté à y voir aussi l'influence lunaire et l'on entreprend des investigations souvent longues et difficiles.

Nous devons avouer franchement que, jusqu'à présent, tous ces travaux sur les périodicités n'ont pu réaliser un progrès d'utilité pratique, et cela principalement dans le domaine de la prévision du temps. Les périodicités réelles ou souvent seulement présumées que l'on trouve dans les phénomènes météorologiques ont malheureusement toutes un même inconvénient :

d'abord il se présente toujours des époques pendant lesquelles ces périodicités sont à peine apparentes, sinon tout à fait impossibles à constater ; en outre il arrive souvent qu'elles s'effacent complètement dans certaines zones. Dans son important et récent mémoire : « Indices d'une périodicité de 89 ans pour les hivers froids en Europe », W. Köppen[1] arrive encore à la conclusion peu édifiante que, tout bien considéré, cette période de 89 ans reste problématique, et que l'on peut à peine espérer obtenir quelque certitude sur son existence autrement que par voie indirecte. Cette périodicité de 89 ans pour les hivers froids ne se vérifie en effet pas du tout pour notre région alpine. C'est toujours un grand point d'interrogation, un même résultat négatif, qui surgit et que l'on trouve aussi à la fin d'une belle étude du même auteur[2] sur « les périodicités mensuelles dans les conditions atmosphériques. » « Que devons-nous penser, dit-il, de phénomènes si complexes ? Est-ce que l'arrivée surprenante d'une différence de pression pendant une série d'années, puis sa disparition, ou bien l'ajournement de ces phénomènes ne doivent pas être attribués à la rotation du soleil plutôt qu'au cycle lunaire ? mais où en trouver les preuves ? » Les thèses formulées dans la conclusion de l'étude toute récente et très remarquable de J. Schneider[3], à Darmstadt, « sur la variation de pression atmosphérique d'après Meyer-Seemann, expliquée par une période lunaire de six ans », ne satisfont guère plus, et des conclusions pratiques et précises ne pourront être tirées de ce travail avant un avenir lointain.

Si j'ai été amené à me livrer moi-même passagèrement à des recherches sur les périodicités, c'est pour les motifs que je vais me permettre d'exposer.

Il y a bien des années, alors que je m'occupais d'une petite étude sur la variation de la limite temporaire des neiges dans nos Alpes, je remarquai, suivant le cours des saisons, une anomalie frappante dans les variations de cet important élément climatique. Prenant comme base les observations de la limite des neiges faites au cours de vingt années (1889-1908), je con-

[1] *Annalen d. Hydrographie*, vol. 45 (1917), p. 445.
[2] *Meteorolog. Zeitschrift*, 1915.
[3] *Annalen d. Hydrographie*, vol. 46 (1918).

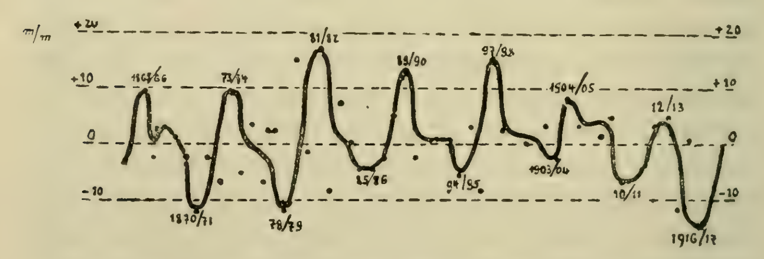
statai que les données recueillies à cette époque indiquaient encore, *pour le mois de novembre, un recul* tout à fait frappant de la limite des neiges. Une représentation graphique le fait ressortir nettement, si on compare le tracé obtenu à l'allure normale que présente, pour la même époque de l'automne, la courbe classique de Denzler, basée sur les observations faites dans les Alpes d'Appenzell de 1821 à 1851. Cette courbe ne montre pas du tout que la limite des neiges puisse, à une saison relativement aussi avancée, s'élever autant et atteindre presque 1700 m.

Une étude plus approfondie me donna la certitude que cette élévation considérable de la limite des neiges au mois de novembre, constatée de 1889 à 1908, constituait un phénomène extraordinaire apparaissant dès l'année 1890 dans l'histoire climatologique du régime de notre versant nord des Alpes et se trouvant en corrélation immédiate avec les périodes parfois longues de haute pression atmosphérique et les périodes de sécheresse, plus prolongées encore, qui caractérisent une série d'automnes tardifs et d'hivers précoces au cours des vingt années considérées. Les vingt années précédentes (1864-1883) présentèrent aussi, à la fin de l'automne, de ces périodes de haute pression atmosphérique et quelquefois des périodes de sécheresse (principalement en 1873-74, 1882-83), mais elles furent moins nombreuses; enfin une série plus ancienne, celle de Denzler, comprenant 29 années, en compte aussi quelques-unes, surtout en 1822, 1832, 1839, 1844 et 1848.

La petite étude dont je viens de parler m'amena dans la suite à rechercher plus soigneusement encore l'apparition, à la fin de l'automne et au début de l'hiver, de ces périodes de haute pression qui jouent un si grand rôle dans notre domaine climatique et surviennent ainsi, d'une façon souvent très typique, prouvée par l'expérience, au moment où la circulation hivernale s'établit dans notre régime atmosphérique (celui de la partie occidentale du continent). L'une des anomalies les plus remarquables de la température avec l'altitude dans les Alpes, soit « l'inversion de température », que l'on rencontre à la fin de l'automne ou dans les premiers mois de l'hiver, est dans la relation la plus étroite avec l'existence momentanée de chaque phénomène de haute

pression atmosphérique. Qui est habitué, comme l'auteur de ces lignes, à suivre attentivement depuis de longues années, sur la carte du temps de chaque jour, la répartition des pressions atmosphériques à la fin de l'automne et à l'entrée de l'hiver, aura involontairement l'impression que c'est justement à ce moment critique qu'il se présente réellement des variations périodiques de pression, séparées au cours des années par de longs intervalles, et il se sentira tout naturellement tenté de les étudier plus à fond.

En effet, lorsque j'en vins à considérer les variations relatives de la pression atmosphérique[1] de quelques stations prin-



Périodicité des hautes pressions atmosphériques dans les Alpes en hiver (exprimée par la somme des écarts respectifs de la pression normale).

cipales de notre pays, situées des deux côtés des Alpes — Bâle, Zurich, Genève et Lugano — en prenant les données des 50 dernières années et en les représentant graphiquement, j'obtins le résultat suivant : *Les sommes des écarts de la pression atmosphérique mensuelle de novembre, décembre et janvier,* c'est-à-dire d'une époque comprenant la fin de l'automne et la première moitié de l'hiver, *accusent d'une façon extraordinairement prononcée une périodicité de 8 ans.* En utilisant les anciennes et précieuses séries d'observations de pression atmosphérique faites à Genève (à partir de 1836), et celles encore plus reculées de la série bâloise (qui date de 1816), on voit que ces maxima, survenant dans les écarts de la pression atmosphérique mensuelle, se succèdent avec une netteté étonnante pendant un cycle complet de

[1] Exprimées par les écarts respectifs de la pression atmosphérique mensuelle normale de ces 50 années.

100 années, soit depuis 1816 jusqu'à nos jours[1]. Nous avons trouvé également cette périodicité frappante des variations de la pression atmosphérique dans la longue série d'observations météorologiques de Bruxelles, mais ici la période oscille dans le voisinage de 7 à 8 ans. On peut se demander si une périodicité, constatée avec autant d'évidence pendant si longtemps, serait susceptible de se modifier complètement ou même de disparaître tout à fait. Cela n'est guère admissible.

En résumé, nous pouvons dire que ces maxima nettement caractérisés des écarts relatifs de la pression atmosphérique *prédominent tous les 8 ans*, dans la première moitié de l'hiver de notre domaine climatique de l'Europe occidentale et qu'ils *se succèdent avec une grande régularité.* Les valeurs portées graphiquement laissent reconnaître cette régularité frappante sans qu'il y ait la moindre réduction ou transformation mathématique à leur faire subir. La figure[2] ci-dessus fait voir en détail la succession de ces maxima d'après les observations faites pendant les 50 dernières années à deux stations de notre pays situées de part et d'autre des Alpes (Zurich et Lugano). A chaque maximum des écarts de la pression atmosphérique ayant une périodicité de 8 ans correspond aussi, la plupart du temps, un minimum distinct de même périodicité; il s'agit donc bien ici d'un phénomène périodique.

Il ne se pose maintenant plus qu'une question : *à quelle cause* attribuer cette périodicité extraordinaire ? Malheureusement il n'est pas encore possible d'y répondre. Notre petite construction graphique montre, dans l'allure des dernières périodes, un amortissement marqué des maxima, et par contre un renforcement sensible des minima. En hiver 1916-1917, l'écart négatif de pression atteignit chez nous 15 millimètres.

Dans la variation cyclique de l'élément caractéristique constitué par l'écart de pression de l'hiver, l'amplitude est si consi-

[1] Les maxima de la pression atmosphérique, exprimés par les écarts respectifs, se présentent dans les hivers (nov.-janv.) de : 1818-19, 1827-28, 1835-36, 1843-44, 1850-51, 1857-58, 1865-66, 1873-74, 1881-82, 1889-90, 1897-98, 1904-05, 1912-13.

[2] Les valeurs des sommes des écarts de pression (de novembre à janvier) ont été portées en ordonnées, ce qui a permis de tracer ensuite simplement à vue la courbe compensée.

dérable que l'on peut à juste titre ranger cette périodicité dans la catégorie des phénomènes météorologiques périodiques connus. Parmi ceux-ci, l'un des plus notoires est la variation de *température*, en corrélation avec l'état des taches solaires dont on a si souvent parlé et qui a une périodicité de 11 années; sous nos latitudes, cette variation est toutefois si minime, que sa connaissance n'a aucune portée pratique.

Comme, dans le cas qui nous occupe, la périodicité de 8 ans s'est répétée 12 fois au cours des 100 dernières années, il s'agit bien ici d'un phénomène remarquable et qu'il importe d'étudier. Si nous soumettons toute la série de nos valeurs à l'une des méthodes nouvelles de compensation, il n'en résulte rien de bien nouveau et en outre les amplitudes des élongations subissent une assez forte réduction, mais cette opération mathématique nous révèle la superposition d'une seconde période. Il convient d'employer cette méthode analytique avec prudence car, dans certains cas, elle peut modifier totalement le caractère fondamental de la courbe que donneraient directement les observations; d'ailleurs le résultat auquel elle conduit n'est, la plupart du temps, pas en rapport avec la longueur des calculs.

Cependant, cherchons maintenant une application *pratique*, sans laquelle toutes les périodicités météorologiques de ce genre, longues ou courtes, n'ont qu'une valeur scientifique très restreinte. Nous avons pu nous convaincre que cette périodicité de 8 années dans les maxima nettement accusés des écarts de la pression atmosphérique, à la fin de l'automne et pendant l'hiver, a une certaine importance pour notre région alpine. C'est en effet dans les Alpes que se présentent souvent ces longues périodes de sécheresse de la fin de l'automne ou du milieu de l'hiver, qui menacent parfois de devenir une calamité pour l'économie hydraulique de notre pays. Nous en avons des exemples frappants dans les forts maxima de pression atmosphérique des automnes 1865, 1873-74, 1881-82, 1897-98 et 1905-06. Actuellement nous avons traversé une époque caractérisée par de basses pressions atmosphériques en hiver et par des précipitations plus abondantes à la fin de l'automne. En nous basant sur la périodicité constatée, nous sommes amenés à prévoir que le prochain maximun des écarts positifs de la pres-

sion atmosphérique surviendra vraisemblablement dans l'hiver 1920-21, et qu'il sera encore plus prononcé et accompagné comme toujours des phénomènes météorologiques correspondants. Nous pouvons donc en quelque sorte nous préparer déjà maintenant à l'observer, à calculer à l'avance les pressions attendues, en nous basant sur les maxima constatés autrefois, et à en tirer des conclusions pratiques.

Pour la région des Alpes, nous ne disposons que de séries d'observations thermométriques et pluviométriques relativement courtes, au moyen desquelles il est difficile de prouver l'existence d'écarts périodiques de durée déterminée. S'il est possible, dans certains cas particuliers, de calculer une sorte de *périodicité moyenne* dans la succession des maxima et des minima, celle-ci ne peut cependant avoir qu'une importance secondaire pour les besoins pratiques de la météorologie. Mais, dans le cas que nous venons de traiter, où il s'agit du retour périodique de fortes pressions atmosphériques au commencement de l'hiver, nous pouvions nous attendre à ce qu'il en fût autrement. Nous n'avons pas ici une périodicité exprimant une moyenne, même au cours d'une série de 100 années, les maxima et les minima se succèdent dans un ordre particulièrement régulier. Ce qu'il y a toutefois de surprenant, c'est que ces valeurs maxima des écarts de pression atmosphérique ont acquis, de 1857-58 jusqu'à 1897-98, une amplitude positive très forte et que, dans la suite, dès 1912, c'est-à-dire depuis le milieu des dix dernières années de notre série d'observations, cette amplitude a considérablement diminué. Il sera très intéressant de suivre plus exactement encore, dans les années qui viendront, l'allure de la courbe représentant ces écarts et surtout d'observer l'excédent de pression atmosphérique qui se produira vers l'année 1920, car c'est de ce facteur que dépendent les principaux éléments météorologiques du début de l'hiver. Quant aux relations entre ce phénomène et les phénomènes périodiques de la surface solaire, nous ne voulons pas les esquisser ici, cela n'en vaudrait pas la peine.

LES

MIGRATIONS DE LA PIÉRIDE DU CHOU EN 1917

(PIERIS BRASSICÆ)

ET LEURS CONSÉQUENCES[1]

PAR

ARNOLD PICTET

Les migrations de Papillons qui, certaines années, se font en bandes considérables à travers d'immenses régions et durent plusieurs jours, constituent un phénomène encore inexpliqué et dont les motifs échappent à nos connaissances de la biologie des Insectes. Deux de ces migrations, formées par des Papillons de *Pieris brassicae,* ayant traversé toute la Suisse en 1917, nous avons pu les étudier en détail par une série de recherches personnelles, auxquelles sont venus s'ajouter un grand nombre de renseignements fournis par des correspondants de plusieurs parties de la Suisse.

Les résultats de ces recherches étant susceptibles de démontrer les motifs originaux de ces migrations, nous les résumons dans le travail suivant :

Les conséquences immédiates des migrations de la Piéride du Chou.

C'est au commencement d'août que les agriculteurs remarquèrent les dégâts causés aux plantations de Crucifères par des

[1] Communication faite à la séance du 15 novembre 1917 de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève.

hordes de chenilles de *Pieris brassicae.* A cette époque, il n'était guère de plantation qui ne fût fortement endommagée par ces Insectes, qui se sont attaqués non seulement aux principales espèces de Choux, mais encore aux Raves, Navets, Betteraves et à quelques Ombellifères, comme le Persil et la Carotte. Les chenilles vivant encore sur les feuilles de Capucine et de Réséda, ces plantes, dans nos jardins, ont été également largement attaquées. A partir du 10 août, les champs de Choux présentaient un aspect lamentable avec leurs plants dont la plupart n'avaient plus que les nervures.

Nous avons observé cet anéantissement à Genève, à Yverdon, dans le Jura et dans le canton de Berne; en outre, nous avons reçu à ce sujet des renseignements du Valais, des Grisons, ainsi que de plusieurs régions de la Suisse alémanique; il n'y a pas de doute que la dévastation ait été générale à l'ensemble du territoire de notre pays.

Au cours de 1917, les Piérides du Chou ont volé en Suisse, en immense quantité, à quatre reprises différentes:

I. *Première apparition: première quinzaine de juillet.*

Les Papillons remarqués sont des individus indigènes, ceux de la première génération normale[1]; ils apparaissent en abondance considérable et volent lentement, sans direction donnée, allant de fleur en fleur; en cela ils observent exactement les mœurs habituelles de leur espèce dans nos régions. Le résultat de cette première apparition s'est encore traduit par une quantité énorme de pontes.

Comme on sait, les œufs, coniques et guillochés, amincis à leur base, de couleur jaune, sont disposés les uns à côté des autres, collés à la surface inférieure des feuilles, où ils forment de petits

[1] L'espèce *Pieris brassicae* passe normalement l'hiver à l'état de chrysalide pour éclore au printemps. Cependant on ne voit guère voler le Papillon avant la fin de juin ou le commencement de juillet. L'évolution complète, depuis l'œuf jusqu'à l'éclosion du Papillon, dure en été 40 jours, en sorte que la seconde génération commence à voler au commencement d'août; une troisième génération, et, dans les années propices, une quatrième, évoluent encore avant l'hiver; cependant, en 1917, par suite de l'apparition tardive du printemps, les Papillons de la première génération ne se sont montrés qu'au commencement de juillet, avec un retard de quelques jours sur l'époque normale.

paquets ; le nombre d'œufs composant chaque paquet varie entre 50 et 130. Leur éclosion, ayant lieu une dizaine de jours après la ponte et la durée de la vie larvaire étant d'environ 20 jours, c'est donc vers le commencement d'août que les chenilles, vu leur âge, leur taille et leur nombre, sont en état de commettre les plus grands dégâts.

Or, c'est précisément à cette époque que les agriculteurs ont constaté la dévastation, et, en rapprochant les dates, il n'y a aucun doute que celle-ci ait été produite par les chenilles des nombreux Papillons indigènes dont nous avons relaté la présence pendant la première quinzaine de juillet.

Ces Papillons indigènes s'étant montrés pendant une quinzaine de jours, autrement dit leurs pontes s'échelonnant sur l'espace de deux semaines, nous trouvons sur les Choux des chenilles dont les unes peuvent être de quinze jours plus avancées que les autres ; c'est pourquoi elles ne sont pas toutes de la même taille. Cependant, à part un certain nombre de très petites, dont nous parlerons plus loin, il n'y a pas de doute à conserver sur l'origine indigène de ces larves.

Pour donner une idée de leur nombre fabuleux, nous indiquerons les résultats de quelques statistiques que nous avons relevées dans la région d'Yverdon.

Après avoir compté le nombre de chenilles vivant sur une quinzaine de plantes prises au hasard dans une plantation, puis après avoir déterminé la superficie de celle-ci et le nombre total des plantes qui la composent, nous arrivons aux chiffres suivants :

Plantation	n° 1	(Choux-fleurs)	2120	chenilles	par m²
»	n° 2	» »	1900	»	»
»	n° 3	(Choux-raves)	512	»	»
»	n° 4	(Choux-fleurs)	750	»	»
»	n° 5	» »	147	»	»
»	n° 6	(Choux)	850	»	»
»	n° 7	(Betteraves)	600	»	»

soit en moyenne 983 chenilles par m² de plantation.

Or, si l'on tient compte qu'une femelle pond en moyenne une centaine d'œufs, nous voyons que chaque mètre carré de plantation a été visité par dix couples de Papillons.

On remarquera que le nombre des chenilles est assez variable suivant les plantations examinées. Nous en avons trouvé un petit nombre qui étaient presque absolument indemnes dans le voisinage d'autres qui étaient anéanties. Cela provient, à notre avis, de l'exposition de la plantation et de la durée d'insolation qu'elle reçoit selon son ambiance, car les Papillons du Chou ne volent généralement pas et ne pondent pas dans les endroits ombrés. C'est ainsi qu'une culture comprenant 250 plantes, bordée de deux côtés de grands arbres, ne contenait absolument aucune chenille, tandis que tout était ravagé dans un jardin voisin bien exposé.

Les chiffres et les données qui précèdent montrent que la première génération des Papillons de *Pieris brassicae* a été d'une abondance tout à fait exceptionnelle, et que les chenilles provenant de leurs pontes ont anéanti nos cultures de Crucifères.

II. *Deuxième apparition : fin de juillet.*

A la fin du mois de juillet nous assistons à l'invasion de la Suisse par deux vols immenses de Piérides du Chou venant du nord.

Le premier de ces vols a lieu du 18 au 24 juillet et s'étend sur toute la Suisse occidentale, depuis Genève jusqu'à l'Oberland, descendant du Jura et s'en allant en Savoie et dans le nord de l'Italie.

Le second, qui a duré du 28 juillet au 3 août, semble, d'après les renseignements reçus, avoir été beaucoup plus étendu que le premier. Après avoir également traversé le Jura et toute la Suisse occidentale, il a été signalé en Suisse orientale, jusqu'à Brugg et dans les Grisons (Coire, St-Moritz, Disentis).

Les Papillons qui composent ces vols immenses observent, dans leur manière de voler, une méthode toute différente de celle des Papillons indigènes ; ils ne butinent pas sur les fleurs, mais volent sans s'arrêter, isolément ou par petits groupes, droit devant eux, préférant franchir les obstacles même les plus élevés qu'ils rencontrent plutôt que de les contourner, ne cessant de cheminer qu'à la tombée de la nuit. Leur vol est assez rapide et saccadé ; la direction qu'ils suivent est celle du *nord au sud,* sauf dans quelques cas où l'orientation d'une vallée les a obligés

à dévier légèrement de cette direction. Leur nombre est tel que, dans quelques cas observés à Gryon et dans l'Oberland, où ils avaient été pris par un tourbillon de vent, ils donnaient l'illusion d'une chute de gros flocons de neige.

Il paraît donc certain, d'après l'itinéraire suivi, que les Papillons qui ont composé ces deux grandes migrations sont venus d'Alsace et d'Allemagne et qu'ils ont franchi la Suisse dans toute son étendue.

Au moment où ces migrations ont eu lieu, nos plantations de Choux, ainsi que nous l'avons vu, étaient déjà dévastées et occupées par les chenilles provenant des pontes des Papillons indigènes. Cependant, sur le nombre immense des Papillons qui ont traversé notre pays à deux reprises, il est manifeste qu'un certain nombre de femelles se sont arrêtées pour pondre. La durée de la vie embryonnaire, pour les pontes effectuées en juillet, étant de 8 à 10 jours, les chenilles issues de ces femelles étrangères sont écloses vers la fin de juillet, pour le premier vol, et vers le 5 août pour le second. Nous avons trouvé en effet de jeunes larves, en certaine quantité, sur les Choux que nous avons examinés ; elles se tiennent groupées les unes à côté des autres, contre la face inférieure des feuilles, le long des grosses nervures et sur les portions de plante qui n'ont pas encore été ravagées ; elles vivent en voisinage avec les plus grosses qui, elles, proviennent des Papillons indigènes du commencement de juillet. Ces dernières continuant leur œuvre de dévastation, il arrive que dans la plupart des cas, les petites chenilles ne trouvant plus rien à manger, sont contraintes à émigrer ou à mourir de faim. Nous avons trouvé en effet plusieurs plants de Choux où les jeunes larves n'avaient plus guère, à leur disposition, que quelques millimètres de parenchyme aux points d'intersection des nervures, et il est manifeste que le nombre de celles qui ont pu arriver à bien est fort restreint, d'autant plus qu'elles ont eu à pâtir d'un parasite dont nous parlerons plus loin.

Nous avons voulu déterminer la proportion numérique existant entre les petites chenilles d'origine étrangère et les grosses, d'origine indigène ; mais ce calcul n'a donné aucun résultat précis, par le fait qu'au moment où il a été opéré une grande quantité de chenilles indigènes avaient déjà quitté les planta-

tions de Choux pour aller se métamorphoser ailleurs en chrysalide[1], ou bien avaient péri. Cependant les chiffres suivants montrent que le nombre des pontes effectuées par des Papillons étrangers a dû être bien moins considérable que celui produit par des femelles indigènes ; en effet, dans les plantations

nº 1	il a été	trouvé	282	petites	chenilles	par m²
nº 2	»	»	300	»	»	»
nº 3	»	»	57	»	»	»
nº 4	»	»	97	»	»	»
nº 5	»	»	207	»	»	»
nº 6	»	»	88	»	»	»
nº 7	»	»	72	»	»	»

soit, en moyenne, 158 chenilles de provenance étrangère par mètre carré de plantation.

III. *Troisième apparition : seconde quinzaine d'août.*

Les individus qui composent cette troisième apparition sont de nouveau des Papillons indigènes ; on s'en rend compte d'après la nature de leur vol. En effet, ils butinent sur les fleurs et ne se livrent pas à des migrations. La durée complète de l'ontogénie de *Pieris brassicae* étant de 42 jours, nous voyons ainsi que ces Papillons sont bien les descendants immédiats de ceux du nº I.

La quantité d'œufs qui ont été pondus par leurs femelles, sans être aussi grande que lors de la première génération, est cependant passablement plus forte que la quantité d'individus provenant des invasions. Lorsque nous avons exploré les plantations de Choux, nous avons en effet trouvé, dans la proportion suivante, une troisième catégorie de chenilles, très petites, venant d'éclore, et qui sont celles de cette seconde génération de Papillons indigènes :

Dans les plantations

nº 1	il a été trouvé	1460	de ces chenilles par m²
nº 2	»	1372	»
nº 3	»	70	»
nº 4	»	690	»
nº 5	»	594	»
nº 6	»	70	»
nº 7	»	212	»

[1] Au moment de la chrysalidation, les chenilles de *Pieris brassicae* quittent les plantations de Crucifères et vont se métamorphoser contre des murs, des édifices ou des rochers avoisinants ; très peu se chrysalident sur les Choux eux-mêmes.

soit une moyenne de 638 petites chenilles de la seconde génération indigène par mètre carré de plantation.

IV. *Quatrième apparition.*

Celle-ci dure de septembre à octobre; elle comprend à la fois des Papillons indigènes (troisième génération) et des Papillons étrangers, issus de ceux ayant participé aux migrations et qui ont pondu sur notre territoire.

Tous ces Insectes butinent sur les fleurs, ce qui laisse supposer que les descendants des émigrés élisent définitivement domicile chez nous. Les éclosions de ces deux catégories d'individus se répartissent sur deux mois, par le fait des retards qui se présentent souvent dans la durée ontogénique des générations d'automne, en sorte que leur nombre apparaît comme étant passablement moindre qu'en juillet, bien qu'étant encore assez grand.

Les pontes sont nombreuses. A cette époque, de nouvelles plantations de Choux ayant remplacé celles détruites dernièrement, offrent aux nouvelles venues une alimentation abondante.

Les chenilles nées en septembre des Papillons provenant de cette apparition arrivent encore à se chrysalider avant l'hiver et seront, en conséquence, viables pour l'année prochaine. Nous avons du reste récolté plusieurs de ces pontes dans le courant de ce mois, dont les larves se sont chrysalidées en octobre et dont les chrysalides sont encore vivantes et en bon état, tandis que les individus nés en octobre, *c'est-à-dire la majorité,* ont tous été détruits par les froids de novembre et de décembre avant d'avoir pu atteindre l'état nymphal, qui est le seul propice à l'hibernation de cette espèce dans nos régions[1].

[1] Nous avons effectué un grand nombre d'expériences avec des chenilles dont les œufs avaient été pondus en octobre ; leurs résultats montrent que si *Pieris brassicae* peut hiverner à l'état de chenille dans les régions plus tempérées que les nôtres, l'hibernation larvaire de cette espèce, en Suisse, ne peut se faire avec succès que pendant les hivers doux. Pour ce qui est de celui de 1917-1918, il est démontré qu'aucune chenille de *Pieris brassicae* non chrysalidée avant novembre n'a pu résister.

Les causes de la surproduction et des migrations.

Quelles sont maintenant les causes qui ont amené, en 1917, une pareille surproduction numérique de *Pieris brassicae* et qui ont provoqué les deux grandes migrations que nous venons de relater? Elles sont de deux sortes :

En premier lieu, les restrictions apportées à notre alimentation ont amené les agriculteurs à intensifier notablement les cultures maraîchères. De cette façon l'augmentation des surfaces cultivées a fourni aux chenilles tous les éléments nécessaires pour faciliter leur existence et leur développement.

En second lieu, et c'est là la principale cause, les parasites entomophages qui régularisent généralement une trop grande production numérique des *Pieris brassicae* et qui sont surtout des Hyménoptères de l'espèce *Microgaster glomeratus*, ont presque complètement fait défaut en 1916. Cette constatation résulte d'observations personnelles et de renseignements qui nous ont été fournis.

Or, l'absence de parasites capables de détruire, en temps normal, le 60 % et même le 70 % des chenilles, explique suffisamment la surproduction des individus indigènes qui s'est produite en juillet 1917, alors que chaque femelle peut pondre jusqu'à 120 œufs[1].

Nous ne savons pas si les *Microgaster glomeratus* ont également manqué en Alsace et dans le sud de l'Allemagne, pays d'origine des Papillons qui ont fait l'objet des migrations au travers de la Suisse; mais il est bien permis de le supposer et d'admettre que les causes qui en ont amené la surproduction ont été les mêmes que chez nous.

Pour ce qui est des migrations elles-mêmes, les observations

[1] Nous rappellerons à ce propos qu'une femelle de *Pieris brassicae* pond en moyenne 120 œufs; si tous venaient à bien, une seule génération suffirait pour que nous fussions envahis d'une quantité de ces Insectes aussi considérable que celle dont nous venons de constater les effets. Mais les *Microgaster glomeratus*, dont chaque femelle peut *parasiter* environ 80 chenilles et d'autres parasites, ainsi que des maladies bactériennes, se chargent de mettre le frein nécessaire à un développement numérique trop intense.

que nous venons de relater peuvent en fournir également l'explication.

En Allemagne, les Papillons de la génération d'été éclosent un peu plus tard qu'en Suisse. Alors que dans notre pays ils apparaissaient, en 1917, pendant la première quinzaine de juillet, en Allemagne ils n'éclosaient qu'à partir du 15, en grande abondance pour les raisons que nous venons de voir. Cependant nous présumons, sans en être certain, que dans le sud de l'Allemagne les cultures n'ont pas été capables de nourrir toutes les chenilles de 1917, soit qu'elles aient été insuffisamment nombreuses, soit que les nécessités présentes résultant de la guerre aient amené les agriculteurs à planter, au détriment des Crucifères, d'autres denrées (Pommes de terre, etc.), inutilisables pour les *Pieris brassicae*.

Dans ces conditions, on peut envisager le motif de la nécessité d'émigrer, et il est probable que cette émigration s'est produite dans deux directions opposées. Une partie des Papillons s'est envolée vers le nord, et de ceux-ci nous ne savons rien ; tandis que le reste s'est dirigé vers le sud, et ce sont ces Insectes qui ont été vus en si grande abondance traversant la Suisse, à la recherche de Choux capables de nourrir leurs larves.

Cependant, en Suisse, lorsque arrivent les Piérides du nord, toutes les plantations sont déjà dévastées, et les Papillons, à part quelques femelles, ne trouvant presque plus rien où pondre leurs œufs, sont contraints d'émigrer encore vers les régions méridionales, à la recherche de plantations intactes. Mais ils n'en trouvent pas davantage ; à mesure qu'ils avancent vers le sud, la dévastation les oblige à aller plus loin encore, à travers les Alpes et nos glaciers[1] et à disparaître au delà de nos frontières, où, faute de renseignements, nous perdons leur trace[2].

[1] Les vols ont traversé les Alpes vaudoises, grisonnes et celles de l'Oberland. Quelques individus ont été trouvés à l'Eggishorn (2300 m) aux Diablerets (2800 m), à l'Oldenhorn (3200 m), au Mont Chevreuil (1750 m), sur le glacier de la Jungfrau et de la Blumlisalp, au col du Simplon et au sommet du Monteleone (3561 m).

[2] Le premier vol, en même abondance qu'en Suisse, a été constaté pendant trois jours descendant la vallée de Chamonix ; ce sont les seuls renseignements que nous ayons reçus de l'étranger.

Ainsi s'expliquent les migrations de la Piéride du Chou de la fin de juillet 1917.

Les conséquences futures.

A la suite du développement numérique considérable des chenilles de *Pieris brassicae* dont notre pays a été victime en 1917, faut-il s'attendre, en 1918, à une récidive des faits qui viennent d'être signalés ?

Sans vouloir faire des pronostics d'avenir, nous indiquerons cependant quelques-unes de nos observations et de nos expériences qui tendent à montrer que, dès 1918, l'équilibre naturel entre les différentes espèces animales, de par la lutte qu'elles se font les unes aux autres, sera de nouveau rétabli en ce qui concerne *Pieris brassicae,* et que nos plantations ne subiront pas le même sort. En effet, une quantité suffisante d'individus ont été détruits pendant l'automne sans laisser de descendants pour qu'une nouvelle invasion soit enrayée. Cette destruction s'est opérée de diverses façons :

En premier lieu, les agriculteurs eux-mêmes ont largement combattu le fléau, soit en pratiquant l'échenillage ou en utilisant les insecticides habituels, soit en arrachant les plantations les plus malmenées. La destruction qui en est résultée a été très grande.

Ensuite, les beaux jours de septembre et d'octobre ont contribué pour une large part à la destruction de nombreux individus en faisant éclore une quantité de Papillons qui, en temps normal, n'auraient dû naître qu'au printemps suivant et qui, par le fait de leur éclosion prématurée, sont tous morts avant l'hiver, l'espèce étant incapable d'hiverner à l'état d'Insecte parfait. D'après nos expériences, c'est le 6 % des Piérides qui ont été détruites de cette façon sans laisser de descendance.

En outre, nous avons signalé que toute une série de Papillons, parmi ceux de la quatrième apparition, ont pondu trop tardivement pour que leurs chenilles aient pu se chrysalider avant l'hibernation. Toutes ces chenilles, qui représentent une importante proportion des individus de cette apparition, ont donc péri. Cela est constaté également par nos expériences.

Mais, ce qui a contribué à en anéantir le plus, c'est la réapparition très nombreuse des *Microgaster glomeratus* en septembre et octobre. Lorsque nous avons repris alors l'inspection des plantations de Crucifères, nous avons en effet remarqué que quantité de chenilles portaient sur leur dos les petits cocons jaunes de ces Hyménoptères. D'autre part, les renseignements que nous avons reçus à cette époque de diverses parties de la Suisse concordent avec nos observations pour signaler cette recrudescence du parasite.

La destruction qui en est résultée a été considérable si l'on en juge d'après les expériences suivantes :

Nous prenons au hasard, dans trois plantations de Choux, trois lots comprenant chacun 50 chenilles de *Pieris brassicae* que nous élevons en chambre, à l'abri de toute influence étrangère. Devenues adultes, les chenilles de ces lots sont trouvées atteintes du parasite respectivement dans les proportions de 88 %, 91 % et 98 %.

Dans ces conditions, il est permis d'entrevoir que les Piérides du Chou seront en forte diminution en 1918 et que, si l'équilibre normal n'est pas rétabli avec la première génération, il le sera vraisemblablement avec la seconde[1].

Néanmoins nos agriculteurs feront bien, dès la fin de juin prochain, de surveiller quand même leurs cultures et d'anéantir, s'il y a lieu, en les écrasant, les pontes qu'ils pourraient remarquer à la face inférieure des feuilles de Choux.

[1] En 1881 et en 1906, deux migrations considérables de *Vanessa cardui* avaient traversé toute la Suisse romande, du sud au nord. Nous avons pu étudier en détail celle de 1906, qui se produisit à la fin de juin. A la suite de cette migration, tous les buissons de Chardons et d'Orties se trouvèrent infestés par des multitudes de chenilles de cette Vanesse. Mais, *à la génération suivante,* il fut constaté que l'équilibre était déjà rétabli grâce à la recrudescence des parasites qui s'attaquent à cette espèce.

RÉSUMÉ MÉTÉOROLOGIQUE
DE L'ANNÉE 1917

POUR

GENÈVE ET LE GRAND SAINT-BERNARD

PAR

Raoul GAUTIER
Directeur de l'Observatoire de Genève.

(Suite et fin).

V. Vents.

Genève. — L'observation du vent se fait de deux manières différentes : 1° six fois par jour, à l'ancienne girouette, en exprimant la force du vent par les sept chiffres, de 0 à 6, de la demi-échelle de Beaufort; 2° au moyen de l'anémographe de Richard enregistrant automatiquement la direction et la vitesse du vent.

Le *tableau XIX* donne les résultats généraux du premier système d'observations. Il fournit, pour les différents mois et pour l'année, le nombre des calmes et le nombre de fois où le vent a été observé, avec la force 1 ou avec une force supérieure, dans chacune des seize directions de la rose des vents, le chiffre indiqué tenant compte du facteur (1 à 6) qui représente la force du vent.

Le *tableau XX* donne d'abord les nombres de cas de vent du nord-nord-est et du sud-sud-ouest et leurs rapports, puis la proportion des calmes. Il indique ensuite les résultats du deuxième système d'observation du vent au moyen de l'anémogra-

XIX. Vents observés. GENÈVE, 1917.

	Déc. 1916	Janvier 1917	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Année météor.	Année civile
Calme . . .	10	5	6	4	0	3	16	9	2	28	18	32	27	133	150
N.	3	6	13	12	8	23	6	6	4	5	4	4	8	94	99
NNE . . .	23	47	72	81	93	61	73	68	29	58	29	84	47	**718**	**742**
NE.	14	38	17	12	12	10	6	10	13	21	19	5	27	177	190
ENE	0	4	0	1	0	2	1	2	0	3	0	0	1	13	14
E.	11	13	6	9	3	4	1	6	3	5	5	4	6	70	65
ESE . . .	1	6	5	3	0	0	2	1	0	1	0	1	2	20	21
SE	23	22	18	9	4	10	4	15	17	7	10	14	28	153	158
SSE	8	3	3	1	7	7	8	8	11	3	9	2	5	70	67
S.	3	2	0	1	5	3	2	1	7	4	6	2	10	36	43
SSW. . . .	37	35	10	61	46	22	23	28	54	15	46	29	11	**406**	**380**
SW	41	21	10	29	25	10	24	22	36	14	25	16	15	273	247
WSW . . .	0	1	2	1	4	5	5	1	2	0	0	0	1	21	22
W	15	15	3	5	14	5	6	9	9	5	13	2	5	101	91
WNW . . .	0	0	0	0	1	7	1	2	3	1	4	0	0	19	19
NW	7	2	10	6	6	4	1	4	9	5	7	10	3	71	67
NNW . . .	4	4	14	19	8	10	7	10	6	11	8	1	3	102	101

XX. Vents. GENÈVE, 1917.

Période	Vents NNE	Vents SSW	Vents Rapport	Calme s. 1000	Vitesse moy. du vent km par heure
Décembre 1916	40	81	0.49	54	4.72
Janvier 1917 . .	91	58	1.57	27	7.45
Février	102	20	**5.10**	36	6.33
Mars	105	91	1.15	22	9.59
Avril	113	76	1.49	**0**	**10.45**
Mai.	94	35	2.69	16	4.67
Juin	85	49	1.74	89	4.30
Juillet	84	51	1.65	48	5.70
Août	46	97	**0.47**	11	5.90
Septembre . .	84	33	2.55	155	**3.88**
Octobre	52	77	0.68	97	4.19
Novembre . . .	93	47	1.98	**178**	3.95
Décembre . . .	82	36	2.28	145	4.46
Année météor.	989	715	1.38	61	—
» civile.	1031	670	1.54	68	—

phe de Richard. Il fournit, pour les différents mois de l'année, la *vitesse moyenne du vent* exprimée en *kilomètres par heure,*

sans distinguer dans quelle direction soufflait le vent. On constate que les mois les plus calmes ont été ceux de septembre et de novembre ; les plus venteux ont été, comme c'est en général le cas, ceux de mars et d'avril. Au reste, l'année 1917, n'a pas été venteuse, moins que les précédentes.

Si l'on recherche encore, dans le même ordre d'idées, les jours pour lesquels la vitesse du vent a dépassé, en moyenne, *25 kilomètres à l'heure,* on en trouve sept dans l'année météorologique et huit dans l'année civile. Ce sont tous des jours de *bise* sauf le 30 mars. En voici le tableau :

Date		Km p. h.	Direction
7 février	1917	25.3	NNE
16 mars	»	34.8	NNE
24 »	»	28.0	NNE
30 »	»	32.9	SSW
23 avril	»	40.8	NNE
24 »	»	32 7	NNE
25 »	»	26 8	NNE
27 décembre	»	32.8	NNE

Le *tableau XXI* contient le relevé des jours de forte bise (NNE) et de fort vent du midi (SSW). Les nombres de jours de forte bise et de fort vent du midi sont de nouveau très inférieurs

XXI. GENÈVE. 1917.

	Nombre de jours de	
	forte bise	fort vent du midi
Décembre 1916 .	1	0
Janvier 1917. . .	5	1
Février	3	0
Mars	4	2
Avril	4	1
Mai	0	0
Juin.	0	0
Juillet	1	1
Août	0	0
Septembre. . . .	1	0
Octobre	0	0
Novembre	2	0
Décembre	2	0
Année météorol.	21	5
Année civile . . .	22	5

aux chiffres moyens de Plantamour (42 et 44) plus qu'en 1916, surtout pour le vent du midi.

Grand Saint-Bernard. — La direction du vent est observée à la girouette placée sur le nouveau bâtiment; les observations se font trois fois par jour, en estimant la vitesse du vent, autant que faire se peut, suivant la demi-échelle de Beaufort.

Vu la situation de l'hospice sur le col, on n'y observe que deux vents, ceux qui correspondent aux grands courants du NE et du SW. Le calme s'observait plus rarement qu'à Genève autrefois, mais il y en a eu sensiblement plus que d'ordinaire cette année, même plus qu'en 1915 et en 1916. Le *tableau XXII* fournit les résultats moyens de ces observations en ce qui concerne les deux courants, leurs rapports et les calmes.

VI. Pluie et neige.

Le *tableau XXIII* fournit, pour *Genève,* les données relatives à l'eau tombée et, pour le *Grand Saint-Bernard,* celles relatives à la fois à la *pluie* et à la *neige.*

Il convient donc de compléter ces données, en ce qui concerne Genève, en indiquant ci-après les hauteurs de *neige* mesurées en 1917 à l'observatoire :

Neige a Genève en 1917.

72	en	décembre	1916,	en	8	jours
42	»	janvier	1917,	»	12	»
23	»	février	»	»	3	»
23	»	mars	»	»	4	»
1	»	avril	»	»	2	»
. . .		. . .			. . .	
2	»	novembre	»	»	1	jour
21	»	décembre	»	»	4	»
163	dans l'année météor.			en	30	j.
112	dans l'année civile			en	26	j.

Si l'on ajoute les 6 cm tombés en novembre 1916 à ce qui est tombé de décembre 1916 à avril 1917, on a un total de 167 cm tombés en 30 jours durant la période hivernale 1916-17, comme

XXII. Vents. SAINT-BERNARD, 1917.

Période	Vents NE	Vents SW	Vents Rapport	Calme sur 1000
Décembre 1916.	27	98	0.28	312
Janvier 1917 . .	84	35	2.40	247
Février	40	37	1.08	357
Mars	61	70	0.87	140
Avril	80	69	1.16	144
Mai	15	120	**0.12**	**108**
Juin.	23	58	0.40	333
Juillet	55	33	1.67	323
Août	31	77	0.40	333
Septembre . . .	57	48	1.19	289
Octobre.	72	58	1.24	215
Novembre . . .	92	8	**11.50**	**362**
Décembre . . .	85	54	1.57	151
Année météorol.	637	711	0.90	262
» civile. . .	695	667	1.04	248

XXIII. Pluie et neige. 1917.

Période	Genève Nombre de jours	Genève Eau tombée	Genève Nombre d'heures	Saint-Bernard Nombre de jours	Saint-Bernard Eau tombée	Saint-Bernard Haut. de la neige
		mm			mm	cm
Décembre 1916.	**22**	**193.6**	**169**	**28**	**295.1**	**459**
Janvier 1917 . .	18	44.2	98	21	55.3	97
Février	7	**24 3**	34	**7**	**14.0**	28
Mars	17	138.0	107	**23**	149 6	227
Avril	17	75.3	87	19	88 5	136
Mai	14	95.1	92	19	189.2	64
Juin.	13	49.7	43	14	104.2	0
Juillet	14	119.5	62	15	162.6	3
Août	**19**	**193.1**	94	16	133.5	8
Septembre . . .	**6**	51.5	**32**	**7**	46 2	0
Octobre.	**19**	173.4	**162**	17	**258.2**	**229**
Novembre . . .	9	51.5	61	9	91 9	107
Décembre. . . .	**6**	**13.0**	39	15	87.1	146
Hiver	47	262.1	301	56	364.4	584
Printemps . .	48	308.4	286	61	427.3	427
Été	46	362.3	199	45	400.3	11
Automne	34	276.4	255	33	396.3	336
Année météorol.	175	1209.2	1041	195	1588.3	1358
» civile. . .	159	1028.6	911	182	1380.3	1045

je l'ai publié dans ma note précitée sur « La neige à Genève. etc.[1] ». La neige a persisté sur le sol pendant 78 jours pour la période hivernale, comme pour l'année météorologique, et pendant 86 jours pour l'année civile 1917. Il en résulte que l'année 1917 a, contrairement aux sept précédentes, été une année à hiver neigeux comparable à l'hiver de 1894-1895.

Le *tableau XXIV* indique les écarts entre les moyennes de Plantamour et les totaux de 1917 pour le nombre de jours de pluie et pour la hauteur d'eau tombée, aux deux stations, dans les divers mois, les saisons et l'année.

L'année 1917 n'est pas seulement caractérisée à *Genève,* par la *quantité de neige* tombée, mais aussi par la *quantité de pluie ;* le total de *l'année météorologique,* 1209^{mm}, est le plus élevé depuis 1799. Il dépasse les totaux considérables de 1167^{mm} en 1896 et de 1196^{mm} en 1910 ; il est égal à celui de l'année météorologique

XXIV. Écarts avec les moyennes de précipitations, 1917.

Période	Genève		Grand Saint-Bernard	
	Jours de pluie	Eau tombée	Jours de pluie	Eau tombée
		mm		mm
Décembre 1916	+13	+142.6	+20	+222.0
Janvier 1917	+ 8	− 4.6	+10	− 73.8
Février	− 1	− 12.2	− 2	− 79.6
Mars	+ 7	+ 90.8	+12	+ 52.7
Avril	+ 6	+ 18.5	+ 8	− 31.6
Mai	+ 2	+ 15.9	+ 8	+ 69 1
Juin	+ 2	− 26.2	+ 4	+ 2.9
Juillet	+ 5	+ 48.7	+ 6	+ 87.5
Août	+ 9	+112.7	+ 7	+ 47.7
Septembre	− 4	− 42.8	− 2	− 69.8
Octobre	+ 7	+ 72.4	+ 7	+115.9
Novembre	− 2	− 22.5	− 1	− 6.6
Décembre	− 3	− 38.0	+ 7	+ 14 0
Hiver	+20	+125.8	+28	+ 68 6
Printemps	+15	+125.2	+28	+ 90.2
Été	+16	+135.2	+17	+138.1
Automne	+ 1	+ 7.1	+ 4	+ 39.5
Année météorol.	+52	+393.3	+77	+336 4
» civile	+36	+212.7	+64	+128.4

[1] *Arch. 1917,* vol. 43, p. 361.

très humide 1789 (1208^{mm}) et n'est dépassé que par les 1254^{mm} de 1799. L'année 1917 continue donc, avec excès, la série des années très humides inaugurée en 1910.

L'année civile est sensiblement moins pluvieuse, parce que décembre 1917 a été sec, tandis que décembre 1916 avait été très humide. Ce mois de décembre est, avec août, le mois le plus humide de l'année au point de vue absolu et, au point de vue relatif, il est plus humide encore. Le mois le plus sec a été février au point de vue absolu, et septembre au point de vue relatif.

Remarquons, d'autre part, que l'année 1917 n'a pas paru aussi pluvieuse que 1910, parce que l'eau tombée a été mieux répartie. Les mois pluvieux ont favorisé la végétation, et le beau et sec mois de septembre a été très favorable à la maturation des raisins. Enfin, le nombre des jours de pluie a été moindre en 1917 qu'en 1910, 175 au lieu de 192, et mieux répartis aussi.

Au *Grand Saint-Bernard,* l'année météorologique 1917 présente le même degré d'humidité que 1916, et est très humide, mais, de même que 1916, beaucoup moins que 1910. Au point de vue des jours de pluie, les chiffres des deux années sont aussi tout à fait comparables, 198 en 1916, 195 en 1917. L'année civile 1917 est sensiblement moins humide que 1916, comme à Genève, à cause du mois de décembre 1916 qui avait présenté la quantité tout à fait anormale de 4^{m},6 de neige à l'Hospice, tombés en 28 jours.

Les mois les plus secs ou humides sont caractérisés par des chiffres gras sur les tableaux XXIII et XXIV. Mais je tiens à faire ici la remarque que les *écarts* ne présentent pas une grande valeur pour cette station.

Je me suis en effet assuré que les *moyennes* calculées autrefois par Plantamour sur les *années 1841-1867* correspondent d'abord à un trop petit nombre d'années. Puis, entre 1840 et 1850, il y a quelques totaux, mensuels ou annuels, qui sont très problématiques. Il vaudrait mieux prendre comme normes les chiffres publiés dans l'excellente publication « Das Klima der Schweiz ». Mais comme l'observatoire de Genève a, en préparation une étude d'ensemble sur le *Climat du Grand Saint-Bernard*, je

n'ai pas voulu changer les chiffres considérés jusqu'ici, à tort, comme normaux, et qui ont servi à la comparaison des chutes d'eau au Grand Saint-Bernard de toutes les années antérieures.

Enfin, dernière remarque, le bulletin mensuel du mois de mai signale l'installation à l'Hospice du Grand Saint-Bernard d'un nouveau « pluviomètre protégé ». J'annonçais alors que la comparaison des totaux recueillis dans ce nouvel appareil et dans l'ancien serait faite dans le « résumé annuel ». Mais il faut en tous cas attendre qu'une année entière soit écoulée, peut-être plus; ce ne sera donc pas pour ce résumé-ci, mais, au plus tôt, pour le suivant. Je puis dire pourtant, dès maintenant, que les hauteurs de pluie, et surtout les hauteurs de neige, recueillies dans le pluviomètre protégé, sont sensiblement supérieures à ce qu'elles sont dans l'ancien pluviomètre *lorsque soufflent des vents forts*. Il y aura là une étude comparative intéressante à faire : elle serait prématurée en ce moment-ci.

La *statistique de la pluie* a été, comme d'ordinaire, développée, pour *Genève*, dans les deux tableaux suivants :

Le *tableau XXV* donne, pour chaque mois, la plus longue période de sécheresse, ou le nombre maximum de jours consécutifs sans pluie, et la plus longue période pluvieuse, ou le nombre maximum de jours consécutifs où de la pluie a été recueillie. La plus longue période de sécheresse est en septembre-octobre ; la plus longue période pluvieuse la suit immédiatement en octobre.

Le même tableau indique le nombre de jours où la hauteur de la pluie mesurée a été inférieure à 1^{mm} et à $^1/_4$ de millimètre. Enfin ce tableau donne le maximum de pluie recueilli chaque mois ; le nombre de jours où la hauteur d'eau tombée a atteint ou dépassé 30 millimètres est, cette année, de 5 pour l'année météorologique et de 4 pour l'année civile. Les totaux les plus élevés sont de 66^{mm} le 9 et de 49^{mm} le 28 août.

Comme complément à ces indications, il sera intéressant de noter ici, comme précédemment, le relevé des plus violentes averses enregistrées durant un court espace de temps au pluviomètre d'Usteri-Reinacher. Les pluies un peu intenses sont beaucoup plus fréquentes qu'en 1916, comme on pou-

XXV. Périodes de sécheresse et de pluie. GENÈVE, 1917.

Période	Périodes de sécheresse	Périodes pluvieuses	Pluie dans les 24 heures au-dessous de 1mm	Pluie dans les 24 heures au-dessous de 0mm,25	Pluie dans 24 heures Maximum	Pluie dans 24 heures Chute dép 30 mm
					mm	
Décembre 1916. .	2 jours (28-29)	8 jours (20-27)	5 jours	2 jours	35.9 le 13	1
Janvier 1917 . . .	4 » (23-26)	5 » (6-10)	10 »	6 »	20.5 le 8	—
Février	8 » (22-1 mars)	2 » (4-5; 20-21)	3 »	1 »	14.0 le 5	—
Mars	4 » (16-19)	5 » (11-15; 29-2 avril)	6 »	2 »	30.7 le 31	1
Avril	12 » (23-4 mai)	9 » (11-19)	6 »	6 »	28.7 le 11	—
Mai	5 » (9-13; 23-27)	4 » (5-8; 28-31)	0 »	0 »	27.5 le 28	—
Juin.	6 » (23-28)	4 » (10-13; 19-22; 29-2 juillet)	4 »	3 »	10.9 le 11	—
Juillet	11 » (18-28)	4 » (7-10, 14-17)	4 »	0 »	21.3 le 29	—
Août	2 » (12-13; 17-18; 21-22; 24-25)	9 » (29 juillet-6 août)	4 »	2 »	65.9 le 9	2
Septembre	21 » (13 sept. au 3 oct.)	4 » (9-12)	3 »	0 »	25.6 le 12	—
Octobre.	9 » (29 oct. au 6 nov.)	12 » (4-15)	0 »	0 »	37.0 le 27	1
Novembre	10 » (11-20)	4 » (7-10)	2 »	1 »	14.8 le 7	—
Décembre	13 » (3-15)	4 » (29 nov.-2 décemb.)	2 »	1 »	6.7 le 16	—
Année météorol. .	21 jours (13 sept au 3 oct.)	12 jours (4-15 octobre)	47 jours	23 jours	65.9 le 9 août	5
» civile. . . .	»	»	44 »	22 »	»	4

vait s'y attendre dans une année aussi pluvieuse. En voici le tableau :

Date 1917		mm	minutes	mm par min.
Avril	13	2	5	0.4
Mai	8	2	10	0.2
Juin	6	4	10	0.4
»	11	8	20	0.4
»	13	2	10	0.2
Juillet	1	10	12	0.8
»	5	4	8	0.5
»	8	2	2	**1.0**
»	16	2	5	0.4
»	29	10	10	**1 0**
»	30	2	5	0.4
»	31	3	5	0.6
Août	6	4	10	0.4
»	9	4	8	0.5
»	12	5	10	0.5
»	28	6	10	0.6
Septembre	12	3	3	**1.0**
»	12	3	10	0.3
Octobre	10	2	10	0.2

XXVI. GENÈVE, 1917.

Période	Durée relative de la pluie	Nombre moyen d'heures par jour	Eau tombée dans 1 heure
		h	mm
Décembre 1916 . .	**0.227**	7.68	1.15
Janvier 1917. . . .	0.132	5 44	**0.45**
Février	0.051	4.86	0 71
Mars	0.144	6.29	1.29
Avril	0.121	5.12	0.87
Mai	0.124	6.57	1.03
Juin	0.060	**3.31**	1.16
Juillet	0.083	4.43	1.93
Août.	0.126	4.95	**2.05**
Septembre.	**0.044**	5.33	1.61
Octobre	**0 218**	**8.53**	1.07
Novembre	0.085	6.78	0.84
Décembre	0 052	6.50	**0 33**
Hiver	0 139	6.40	0.87
Printemps	0.130	5.96	1.08
Été	0.090	4 33	1.82
Automne.	0.117	7.50	1.08
Année météorol. .	0.119	5.94	1.16
» civile	0.104	5.73	1.13

Le *tableau XXVI* a pour but de permettre la comparaison des différents mois entre eux et des quatre saisons entre elles au point de vue des précipitations atmosphériques. Il est, à cet effet, calculé de façon à éliminer les inégales durées des mois et des saisons. On y trouve : 1° la *durée relative de la pluie,* ou la fraction obtenue en divisant le nombre d'heures de pluie par le nombre total d'heures de la période ; 2° le *nombre moyen d'heures de pluie par jour de pluie,* obtenu en divisant, pour chaque période, le nombre d'heures de pluie par le nombre de jours de pluie ; 3° *l'eau tombée dans une heure,* obtenue en divisant la hauteur d'eau tombée durant la période par le nombre d'heures de pluie de la période ; ce dernier chiffre représente donc l'intensité moyenne des chutes d'eau.

Le *tableau XXVII* contient le relevé général des observations faites dans onze des douze stations pluviométriques du canton de Genève et à l'observatoire. La station de *Satigny* n'a été repourvue, en 1917, qu'au mois de mars ; les chiffres de janvier et de février, obtenus par interpolation, figurent donc dans le tableau entre parenthèses. Quant à la station de *Puplinge*, elle ne nous a fourni des chiffres que pour six mois, et il était impossible de reconstituer les autres totaux mensuels. Nous préférons donc la laisser de côté pour cette année. Nous profitons de cette occasion pour adresser nos sincères remerciements aux dévoués observateurs qui continuent à nous fournir les hauteurs de pluie tombées sur notre petit territoire.

Le *tableau XXVIII* fournit, d'une façon analogue, les hauteurs de pluie et de neige tombées dans les quatre stations pluviométriques qui existent le long du val d'Entremont. Je suis heureux de remercier aussi les observateurs de ces stations. Les quantités de pluie tombées le long du val d'Entremont sont, comme celles du Grand Saint-Bernard, très sensiblement les mêmes en 1917 qu'en 1916.

Le *tableau XXIX* indique le nombre de *jours d'orage* ou *jours de tonnerre* à Genève, ainsi que le nombre de jours où des éclairs ont été vus à l'horizon sans que le bruit du tonnerre fût perceptible. Le nombre de jours d'orage, qui était faible toutes ces dernières années, a sensiblement dépassé, en 1917, le chiffre moyen de Plantamour (25) ; il approche même du double. Les

XXVII. Stations pluviométriques du canton de GENÈVE, 1917.

Station : Altitude : Observat. : M.	Céligny 424 m Esquivillon	Collex 440 m E. Engel	Chambésy 433 m L. Perrot	Châtelaine 425 m Ch. Platel	Satigny 465 m P. Veyre	Athenaz 428 m E. Garcel	Compesières 478 m B. Babel	Veyrier 423 m B. Babel	Genève 406 m Observatoire	Cologny 450 m H. Noll	Jussy 470 m J. Micheli	Hermance 380 m Ch. Nyauld
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décem. 1916.	207.9	**203.1**	**203.5**	**198.0**	160.7	**208.7**	**183.7**	188.1	**193.6**	**195 5**	**201.0**	**198.7**
Janvier 1917.	80.3	68.5	46.0	50.2	(65.0)	56.9	69.1	63.7	44.2	47.2	48.5	48.0
Février . . .	**23.1**	**22.0**	**26.5**	**45 5**	(22 0)	**20.6**	**22.4**	**25.0**	**24.3**	**25.8**	**28.5**	**18.1**
Mars.	147.3	139.7	144.6	159.7	139.6	151.3	143.4	133.7	138.0	129.6	132.4	137.1
Avril.	70.6	72.5	72.6	74.2	72.3	71.5	68.5	74.4	75 3	73.4	78.8	63.4
Mai	111.8	80.7	85.5	90.1	85.0	107.5	98.4	97.9	95.1	91.1	100 9	89.1
Juin	41.2	37.7	43.5	55.3	62.8	50.9	43.7	59.4	49.7	37.0	34.0	40.1
Juillet	92.5	66.2	75.6	97.7	87.5	88.8	97.2	127.8	119.5	100.2	108.6	83.9
Août	171.9	150.7	176.9	170.1	154.1	167 5	**165.8**	**191.8**	**193.1**	**186.2**	**192.8**	**177.1**
Septembre. .	58.7	54.2	61.8	55.9	53.3	53.6	56.9	52.5	51.5	49.5	53.0	53.4
Octobre . . .	**214.7**	**201.9**	**196.2**	**184.2**	**225.9**	**207.6**	162.7	159.2	173.4	168.0	180.0	176.1
Novembre . .	48.4	47.2	53.0	51.6	52.6	55.7	49 4	50.5	51.5	45.1	47.6	51.0
Décembre . .	**21.6**	**18.6**	**18.8**	**17.8**	**19.6**	**19.3**	**9.8**	**9.9**	**13.0**	**12.0**	**11.1**	**14.8**
Hiver	311.3	293.6	276.0	293.7	247.7	286.2	275.2	276.8	262.1	268.5	278.0	264.8
Printemps . .	329.7	292 9	302.7	324.0	296.9	330.3	310.3	306.0	308.4	294.1	312.1	289.6
Été.	305.6	254.6	296.0	323.1	304.4	307.2	306.7	379.0	362.3	323.4	335.4	301.1
Automne. . .	321.8	303.3	311.0	291.7	331.8	316.9	269 0	262 2	276.4	262.6	280.6	280.5
An. météor. .	1268.4	1144.4	1185.7	1232.5	1180.8	1240.6	1161.2	1224.0	1209.2	1148.6	1206.1	1136.0
» civile. . .	1082.1	959.9	1001.0	1052.3	1039 7	1051.2	987.3	1045.8	1028.6	965.1	1016.2	952.1

XXVIII. Stations pluviométriques du val d'Entremont, 1917.

Station / Altitude / Période	Martigny 474m		Orsières 900m		Bg.-St-Pierre 1630m		Gd. St-Bernard 2476m	
	pluie	neige	pluie	neige	pluie	neige	pluie	neige
	mm	cm	mm	cm	mm	cm	mm	cm
Décembre 1916	**178.9**	37	**143.9**	**50**	118.4	70	**295.1**	**459**
Janvier 1917	40.9	**44**	41.4	30	20.4	23	55.3	97
Février	**0.6**	2	**0.0**	0	**1.5**	1	**14.0**	28
Mars	78.3	22	75.2	12	57.9	61	149.6	227
Avril	35.8	3	51.2	20	74.5	76	88.5	136
Mai	41.7	0	60.7	0	91.5	0	189.2	64
Juin	56.2	0	43.0	0	73.8	0	104.2	0
Juillet	103.9	0	105.3	0	**125.0**	0	162.6	3
Août	72.7	0	91.0	0	88.2	0	133.5	8
Septembre	37.2	0	31.1	0	46.3	0	46.2	0
Octobre	**154.8**	0	**129.6**	0	107.2	32	**258.2**	**229**
Novembre	62.7	4	73.5	18	66.5	**72**	91.9	107
Décembre	14.1	16	24.2	**31**	36.7	44	87.1	146
Hiver	220.4	83	185.3	80	140.3	94	364.4	584
Printemps	155.8	25	187.1	32	223.9	137	427.3	427
Été	232.8	0	239.3	0	287.0	0	400.3	11
Automne	254.7	4	234.2	18	220.1	104	396.3	336
Année météor.	863.7	112	845.9	130	871.3	335	1588.3	1358
» civile	698.9	91	726.2	111	789.6	309	1380.3	1045

XXIX. Orages. GENÈVE, 1917.

	Jours de tonnerre	Jours d'éclairs sans tonnerre
Décembre 1916	—	—
Janvier 1917	—	—
Février	—	—
Mars	—	—
Avril	—	—
Mai	6	1
Juin	12	3
Juillet	11	—
Août	8	2
Septembre	5	—
Octobre	1	—
Novembre	—	—
Décembre	—	—
Année météorologique	43	6
Année civile	43	6

trois mois d'été ont été très orageux, mais il n'y a pas eu de cas de *grêle* à Genève.

VII. Nébulosité.

La nébulosité s'exprime par les nombres de *zéro* à *dix : zéro* correspond à un ciel entièrement clair, *dix* à un ciel entièrement couvert. La mesure de la nébulosité se fait, à *Genève*, aux six observations diurnes, au *Grand Saint-Bernard,* trois fois par jour. La moyenne de ces six, ou trois, observations, donne la moyenne diurne de la nébulosité, représentée par un chiffre sans fraction. Pour les mois, les saisons et l'année, la nébulosité est exprimée par la moyenne des nébulosités de tous les jours de la période. Le chiffre principal est alors accompagné de dixièmes.

Dans le *tableau XXX*, la *nébulosité* et l'état du ciel sont exprimés sous deux formes pour les deux stations : à la cinquième

XXX. Nébulosité. 1917.

Période	Genève					Saint-Bernard				
	Jours clairs	Jours peu nuag.	Jours très nuag.	Jours cou-verts	Nébu-losité moy.	Jours clairs	Jours peu nuag.	Jours très nuag.	Jours cou-verts	Nébu-losité moy.
Déc. 1916 .	1	1	6	23	**8 1**	4	3	10	14	**6.9**
Janv. 1917 .	0	5	9	17	**7.8**	9	5	7	10	5.5
Février . .	6	2	7	13	6.5	12	6	5	5	3.7
Mars. . . .	5	6	4	16	6.4	4	6	10	11	6.5
Avril. . . .	7	7	7	9	5.3	5	7	2	16	6.5
Mai	5	7	5	14	6.1	8	3	1	19	**6.7**
Juin	13	9	2	6	3.8	8	11	2	9	5.3
Juillet . . .	14	6	4	7	3.8	11	6	3	11	4.9
Août	9	8	5	9	4.8	5	9	8	9	5.8
Septembre .	17	7	4	2	**2.9**	16	4	5	5	3.6
Octobre . .	2	11	6	12	6.4	7	7	3	14	5.9
Novembre .	2	9	6	13	6.3	14	10	4	2	**2.8**
Décembre .	4	6	4	17	7.0	11	3	6	11	5.3
Hiver . . .	7	8	22	53	7.5	25	14	22	29	5.4
Printemps .	17	20	16	39	6.0	17	16	13	46	6.6
Été	36	23	11	22	4.1	24	26	13	29	5.3
Automne. .	21	27	16	27	5 2	37	21	12	21	4.1
Année mét.	81	78	65	141	5.7	103	77	60	125	5.4
» civ.	84	83	63	135	5.6	110	77	56	122	5.2

colonne, par la nébulosité moyenne, puis, dans les quatre premières, par une classification des jours de la période en *clairs, peu nuageux, très nuageux* et *couverts*. Ces désignations comprennent les jours dont la nébulosité se mesure par un certain nombre des onze chiffres qui la représentent : les chiffres 0, 1 et 2 correspondent aux jours clairs ; 3, 4 et 5, aux jours peu nuageux ; 6 et 7, aux jours très nuageux ; 8, 9 et 10 aux jours couverts.

Le *tableau XXXI* fournit les écarts de la nébulosité aux deux stations pas rapport aux moyennes calculées par Plantamour sur les observations des années de 1847 à 1875 pour Genève, et de 1846 à 1867 pour le Grand Saint-Bernard. Ces moyennes figurent également dans le tableau, multipliées par 10 pour les ramener à la nouvelle échelle adoptée depuis l'année 1901.

Contrairement aux années antérieures, qui avaient une nébulosité à peu près moyenne, 1917 est sensiblement plus claire que la moyenne de Plantamour aux deux stations.

A *Genève,* le mois le plus clair, au double point de vue absolu

XXXI. Ecarts de la nébulosité. 1917.

Période	Genève		Saint-Bernard	
	Moyennes 1847-1875	Ecarts pour 1917	Moyennes 1846-1867	Ecarts pour 1917
Décembre 1916.	8.3	-0.2	4 5	+2.4
Janvier 1917 . .	7.9	-0.1	5 0	+0.5
Février	6.7	-0.2	5 3	-1.6
Mars.	6.1	+0 3	5.9	+0.6
Avril	5.8	-0.5	6.7	-0.2
Mai.	5.8	+0.3	6.9	-0.2
Juin	5.4	-1 6	6.5	-1.2
Juillet	4.4	-0.6	5 5	-0.6
Août	4.7	+0.1	5.8	0.0
Septembre . . .	4.9	-2.0	5.8	-2 2
Octobre	6.9	-0 5	6.1	-0.2
Novembre. . . .	7.9	-1.6	5.4	-2.6
Décembre	8.3	-1 3	4.5	+0.8
Hiver	7.7	-0.2	4.9	+0.5
Printemps. . . .	5.9	+0.1	6 5	+0 1
Été.	4.8	-0.7	5.9	-0.6
Automne.	6.6	-1.4	5.8	-1.7
Année météorol.	6 2	-0 5	5.8	-0 4
» civile. . .	6.2	-0 6	5.8	-0.6

et relatif, est le beau mois de septembre ; les plus nuageux sont décembre 1916 et janvier 1917 au point de vue absolu, mars et mai au point de vue relatif.

Au *Grand Saint-Bernard,* le mois le plus clair, absolument et relativement, est novembre ; les plus nuageux sont décembre 1916 aux deux points de vue, puis, pour l'année civile, mai 1917 absolument et décembre 1917 relativement.

XXXII. Brouillard. GENÈVE, 1917.

Période	Brouillard tout le jour	Brouillard une partie de la journée	Nombre total
Décembre 1917.	1	3	4
Janvier 1917	—	1	1
Février.	—	2	2
Mars	—	2	2
Avril	—	—	—
Mai.	—	—	—
Juin.	—	—	—
Juillet	—	—	—
Août	—	—	—
Septembre	—	2	2
Octobre	—	3	3
Novembre	—	**6**	**6**
Décembre	1	4	5
Année météorologique.	1	19	20
Année civile	1	20	21

Le *tableau XXXII* indique, pour Genève, le nombre de jours de brouillard observés. Il y en a de nouveau moins que la moyenne, comme de 1908 à 1913, puis en 1915 et en 1916 ; il n'y a eu qu'un jour où l'on ait noté le brouillard toute la journée : le 3 décembre 1916 pour l'année météorologique et le 9 décembre 1917 pour l'année civile.

VIII. Durée d'insolation.

Les deux héliographes installés à l'observatoire en 1886 et en 1909 ont fonctionné parallèlement toute l'année ; les deux *tableaux XXXIII* et *XXXIV* fournissent, heure par heure, la *marche diurne de la durée d'insolation* indiquée par les deux instruments, aux divers mois, saisons et dans l'année 1917, la vingt et unième où ces observations se font à Genève avec le plus ancien des deux. Les deux dernières colonnes des tableaux don-

nent la durée totale d'insolation et la moyenne diurne pour les différentes périodes de l'année.

D'après le tableau de la *durée moyenne d'insolation à Genève* déduite des *20 années d'observation à l'ancien héliographe,* de 1897 à 1916, publié dans le résumé de l'année dernière, la durée moyenne annuelle est de 1710 heures. Après cinq années d'insolation très inférieure à cette moyenne, nous trouvons, en 1917, une durée totale d'insolation enfin un peu supérieure, pour l'ancien instrument. Elle est naturellement encore supérieure au nouveau, qui est beaucoup plus sensible. Les saisons se comportent différemment les unes des autres. L'hiver est sensiblement moins ensoleillé que la moyenne (165 h.) de — 42 h. à l'ancien et même de — 19 au nouvel instrument. Au printemps (486 h.), il y a un déficit de — 42 h. à l'ancien instrument. Mais en été (721 h.) les conditions se renversent et il y a excédent de + 33 h. à l'ancien et de + 138 au nouveau. Enfin en automne (338 h.) il y a un fort excédent de + 72 h. à l'ancien et de + 121 au nouveau à cause du beau mois de septembre.

Le maximum absolu d'insolation, qui devrait être en juillet, est, cette année, en juin : 265 h. et 306 h. au lieu de 218 h. — L'écart maximum est en septembre, il est de + 71 h. à l'ancien et de + 88 h. au nouveau, comme en juin du reste. — Le minimum absolu est en décembre 1916 et en janvier, avec des écarts faibles, les moyennes étant de 36 h. et de 43 h.

Le total général du tableau XXXIV dépasse de 247 h. pour l'année météorologique et de 262 h. pour l'année civile, celui du tableau XXXIII. C'est, à quelques heures près, la même différence qu'en 1916. La différence de sensibilité des deux héliographes semble donc assez constante depuis quatre ans, comme de 1909 à 1911. La différence était beaucoup plus forte en 1912 et en 1913 (357 heures et 340 heures).

Le *tableau XXXV* est destiné à faire ressortir la différence entre la durée d'insolation du matin et celle de l'après-midi. Comme les appareils sont réglés sur le temps solaire *vrai,* les durées devraient être égales théoriquement, mais, en pratique, elles sont différentes. Le tableau les donne pour les deux héliographes, et il donne aussi la différence *soir — matin* de deux façons, en *heures* et en *pour cent* du total d'heures d'insolation.

XXXIII. Marche diurne de la durée d'insolation. GENÈVE, 1917 (Ancien héliographe).

Période	Matin								Soir								Durée d'insolation	Moyenne diurne
	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8		
·	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
Déc. 1916 .	—	—	—	—	0.1	3.1	3.9	4.3	4.1	4.1	3.0	0.6	—	—	—	—	**23.2**	**0.75**
Janv. 1917 .	—	—	—	—	0.6	2.1	2.0	3.8	7.7	9.1	6.2	2.8	—	—	—	—	**34.3**	**1.11**
Février. . .	—	—	—	0.7	1.9	6.0	6.4	7.4	8.5	11.7	9.7	8.8	4.2	—	—	—	65.3	2.33
Mars	—	—	0.2	6.6	8.7	10.0	11.2	11.8	10.9	12.7	11.2	10.1	6.0	0.5	—	—	99.9	3.22
Avril	—	—	6.3	10.2	13.7	15.4	19.0	17.7	18.2	18.6	19.4	18.7	16.4	9.5	0.8	—	183.9	6.13
Mai	—	1.7	8.5	13.1	15.6	15.7	14.0	15.9	14.9	12.8	12.8	11.0	12.1	9.8	2.5	—	160.4	5.17
Juin. . . .	—	7.5	18.7	20.8	22.1	23.0	24.8	24.2	23.8	21.9	19.3	20.1	20.5	13.6	4.6	—	**264.9**	**8.83**
Juillet . . .	—	5.6	15.2	18.3	21.4	23.1	21.9	22.3	23.4	22.8	21.0	21.2	19.5	18.1	8.5	—	262.3	8.46
Août	—	1.0	12.5	16.9	19.1	20.2	22.2	22.0	19.8	22.0	20.0	17.0	16.8	13.5	3.6	—	226.6	7.31
Septembre .	—	—	2.2	13.0	21.0	24.7	25.8	26.6	26.3	24.8	25.3	25.1	19.1	6.6	—	—	240.5	8.02
Octobre . .	—	—	—	2.0	5.3	7.2	10.2	12.0	14.4	16.0	13.3	11.8	6.3	0.4	—	—	98.9	3.19
Novembre .	—	—	—	—	2.6	4.4	6.7	8.7	11.5	12.2	13.8	9.2	1.4	—	—	—	70.5	2.35
Décembre .	—	—	—	—	0.1	0.9	4.2	5.7	6.5	7.9	8.5	2.7	—	—	—	—	36.5	1.18
Hiver. . . .	—	—	—	0.7	2.6	11.2	12.3	15.5	20.3	24.9	18.9	12.2	4.2	·	—	—	122.8	1.36
Printemps .	—	1.7	15.0	29.9	38.0	41.1	44.2	45.4	44.0	44.1	43.4	39.8	34.5	19.8	3.3	—	444.2	4.83
Été	—	14.1	46.4	56.0	62.6	66.3	68.9	68.5	67.0	66.7	60.3	58.3	56.8	45.2	16.7	—	753.8	8.19
Automne . .	—	—	2.2	15.0	28.9	36.3	42.7	47.3	52.2	53 0	52.4	46.1	26.8	7.0	—	—	409 9	4.50
Année mét.	—	15.8	63.6	101.6	132.1	154.9	168.1	176.7	183.5	188.7	175.0	156.4	122.3	72.0	20.0	—	1730.7	4.74
» civ.	—	15.8	63.6	101.6	132.1	152.7	168.4	178.1	185.9	192.5	180.5	158.5	122.3	72.0	20.0	—	1744.0	4.78

XXXIV. Marche diurne de la durée d'insolation. GENÈVE, 1917 (Nouvel héliographe).

Periode	Matin								Soir								Durée d'insolation	Moyenne diurne
	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8		
	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
Déc. 1916 .	—	—	—	—	1.0	3.7	4.1	4.7	5.1	4.8	3.6	1.9	—	—	—	—	**28.9**	**0.93**
Janv 1917 .	—	—	—	—	1.0	2.6	2.8	5.9	8.3	9.4	6.7	4.6	0 3	-	—	—	**41 6**	**1 34**
Février . . .	—	—	0.1	1.2	2.7	6.4	6.9	7.9	9.2	12.5	11.0	10.3	6.3	0.8	—	—	75.3	2.69
Mars	--	—	2.0	8.9	9.4	11.5	12.0	13.4	11.7	12.6	12.1	10.9	7 5	1.5	—	—	113.5	3.66
Avril	—	1.4	8.8	12 3	15.3	16.8	19.7	18.4	19.4	19.8	19.8	19.2	18.3	11.4	5.0	—	205 6	6.85
Mai	--	6.9	10.9	14.3	17,1	17.1	15.4	17.1	16.9	15.9	14.5	13.7	13.0	13.1	7 3	1.0	194.2	6.26
Juin, ...	2.5	17.7	20.2	22.2	23.3	24.1	25.9	25.3	24.4	22.7	21.1	21.2	22.1	18.1	11.8	3.8	**306 4**	**10.21**
Juillet . . .	0.5	13.7	17.6	19.5	22.8	24.2	23.6	23.4	24.4	24.7	21.9	22.6	20.9	19.6	17 5	3.4	300.3	9.69
Août	—	5.0	14.9	18.6	20.3	21.8	23.7	23.0	20.4	22.7	21.4	17.2	18.3	14 8	9 8	0.7	252.6	8.15
Septembre .	—	0.1	5,4	15.1	22.4	25.7	26.3	27.1	26.8	25.2	25,5	25.7	21.6	10.9	0.4	—	258.2	8 61
Octobre . .	-	—	0.2	3.6	6.0	8.3	11,6	12.7	15.0	16.8	14.2	12,3	9 3	0 8	—	—	110 8	3 57
Novembre .	—	—	—	0.8	5.4	6.6	9.0	11.3	12.7	13.7	16.2	12.7	1.6	—	—	—	90.0	3.00
Décembre .		—	—	—	1.5	3.6	5.8	8.2	8.6	10.5	11.7	6.8	0.5	—	—	—	57.2	1.85
Hiver. . . .	—	—	0.1	1.2	4.7	12.7	13.8	18.5	22.6	26.7	21.3	16.8	6.6	0.8	—	—	145 8	1.62
Printemps .	—	8.3	21.7	35.5	41.8	45.4	47.1	48.9	48.0	48.3	46.4	43.8	38.8	26.0	12 3	1.0	513 3	5.58
Été	3.0	36.4	52.7	60.3	66,4	70.1	73.2	71.7	69.2	70.1	64,4	61.0	61.3	52.5	39.1	7 9	859.3	9.34
Automne . .	--	0,1	5.6	19.5	33.8	40.6	46.9	51.1	54.5	55.7	55.9	50.7	32.5	11.7	0.4		459.0	5.04
Année mét.	3.0	44.8	80.1	116.5	146.7	168.8	181.0	190.2	194.3	200.8	188.0	172.3	139.2	91.0	51.8	8.9	1977.4	5.42
» civ. .	3.0	44.8	80.1	116.5	147.2	168.7	182.7	193.7	197.8	206.5	196.1	177.2	139.7	91.0	51.8	8 9	2005.7	5 50

XXXV. Durée d'insolation avant et après midi. GENÈVE, 1917.

Période	Matin		Soir		Différence Soir — Matin			
	Nomb. d'heures		Nomb. d'heures		Nomb. d'heures		%	
	Anc. H.	Nv. H.	Anc. H.	Nv. H.	Anc. H.	Nv. H.	Anc. H.	Nv. H.
Déc. 1916 . .	11.4	13.5	11.8	15.4	+ 0.4	+ 1.9	+ 1.7	+ 6.6
Janvier 1917.	8.5	12.3	25.8	29.3	+ 17.3	+ 17.0	+50.4	+40 9
Février. . . .	22.4	25.2	42.9	50.1	+ 20.5	+ 24.9	+31.4	+33.1
Mars	48.5	57.2	51.4	56 3	+ 2.9	− 0.9	+ 2.9	− 0.8
Avril	82.3	92 7	101.6	112.9	+ 19.3	+ 20.2	+10.5	+ 9.8
Mai	84.5	98.8	75 9	95.4	− 8.6	− 3.4	− 5.4	− 1.8
Juin.	141.1	161.2	123.8	145 2	− 17.3	− 16.0	− 6.5	− 5.2
Juillet	127.8	145.3	134.5	155.0	+ 6.7	+ 9.7	+ 2 6	+ 3.2
Août	113.9	127.3	112.7	125.3	− 1 2	− 2.0	− 0.5	− 0.8
Septembre. .	113.3	122 1	127.2	136.1	+ 13.9	+ 14.0	+ 5.8	+ 5.4
Octobre . . .	36.7	42.4	62.2	68.4	+ 25 5	+ 26.0	+25.8	+23.5
Novembre . .	22 4	33 1	48 1	56.9	+ 25.7	+ 23.8	+36.5	+26.4
Décembre . .	10.9	19.1	25.6	38 1	+ 14.7	+ 19.0	+40.3	+33.2
Hiver.	42.3	51.0	80.5	94.8	+ 38 2	+ 43.8	+31.1	+30.0
Printemps . .	215.3	248.7	228.9	264 6	+ 13.6	+ 15.9	+ 3.1	+ 3.1
Été	382.8	433.8	371.0	425.5	− 11.8	− 8.3	− 1.6	− 1.0
Automne. . .	172.4	197 6	237.5	261.4	+ 65.1	+ 63 8	+15.9	+13.9
Année météor.	812.8	931.1	917.9	1046 3	+105.1	+115.2	+ 6.1	+ 5.8
» civile. .	812.3	936.7	931.7	1069.0	+119.4	+132 3	+ 6.8	+ 6.6

L'excédent d'insolation du soir par rapport au matin est, comme toujours, maximum en hiver et en automne. Durant les années médiocres que nous venons de traverser, cet excédent subsistait, quoique faible, durant presque tous les mois du printemps et de l'été. Il en est autrement cette année, pour les mois de mai et juin surtout, et encore pour août. Il en était de même pour les beaux et chauds mois de l'été de 1911. C'est qu'alors, comme dans les pays tropicaux, le ciel se couvre facilement l'après-midi, produisant souvent des orages, — l'été 1917 a été particulièrement orageux, — et alors il y a plus d'heures de soleil le matin, comme à la montagne en été.

Le *tableau XXXVI* a été constitué, comme les années précédentes, pour faire ressortir, entre la nébulosité et la durée d'insolation, la relation établie par Billwiller[1], qui avait trouvé que la valeur de la nébulosité moyenne d'une période est, à peu de chose près, égale au rapport entre les heures de non-insolation $(t - i)$ et le total d'heures d'insolation théoriquement pos-

[1] *Arch. 1889*, vol. 21, p. 404.

XXXVI. Comparaison de la durée de la non-insolation a la nébulosité moyenne. GENÈVE, 1917.

Période	Durée théorique d'insolation t	Rapport $\frac{t-i}{t} \times 10$ Héliographe ancien	Rapport $\frac{t-i}{t} \times 10$ Héliographe nouveau	Nébulosité moyenne	Différence Héliographe ancien	Différence Héliographe nouveau
	h					
Décembre 1916	270	9.1	8.9	8.1	+1.0	+0.8
Janvier 1917. .	282	8.8	8.5	7.8	+1.0	+0.7
Février.	291	7.8	7.4	6.5	**+1.3**	**+0.9**
Mars	371	7.3	6.9	6.4	+0.9	+0.5
Avril	408	5.5	5 0	5.3	+0.2	−0.3
Mai	465	6.6	5.8	6.1	+0 5	−0.3
Juin.	471	4.4	3.5	3.8	+0 6	−0.3
Juillet	475	4.5	3.7	3.8	+0.7	−0.1
Août	437	4.8	4.2	4.8	**0.0**	**−0.6**
Septembre. . .	375	3.6	3.1	2.9	+0.7	+0.2
Octobre	338	7.1	6.7	6.4	+0.7	+0.3
Novembre . . .	284	7.5	6.8	6.3	+1.2	+0.5
Décembre . . .	270	8.6	7.9	7.0	**+1.6**	**+0.9**
Hiver.	843	8.5	8.3	7 5	+1.0	+0.8
Printemps . . .	1244	6 4	5.9	6.0	+0.4	−0.1
Été	1383	4.5	3.8	4.1	+0.4	−0.3
Automne	997	5.9	5.4	5.2	+0.7	+0.2
Année météor.	4467	6.1	5 6	5.7	+0.4	−0.1
» civile . .	4467	6.1	5.5	5.6	+0.5	−0 1

sible *(t)*. Les colonnes du tableau XXXVI s'expliquent ainsi facilement. Le rapport $\frac{t-i}{t}$ a été multiplié par dix, afin d'être rendu comparable à la nébulosité moyenne de chaque période, dont les valeurs ont été empruntées au tableau XXX.

La relation de Billwiller ne correspond pas mieux que les huit années précédentes aux indications fournies par les héliographes. Il y a toujours d'assez fortes divergences quantitatives dans les différences des deux dernières colonnes. La relation ne se confirme qu'en août à l'ancien héliographe et en juillet au nouveau. Pour les autres mois, la différence, qui est maximum en hiver et à la fin de l'automne, diminue d'avril à octobre, mais est encore sensible, sauf pour les mois précités. A l'ancien héliographe, la différence est toujours de même signe. Au nouveau, elle change de signe d'avril à août. Mais l'allure générale est la même, et l'on ne peut plus dire qu'à Genève la relation ingénieuse de Billwiller se confirme encore actuellement.

COMPTE RENDU DE LA SÉANCE D'HIVER

DE LA

SOCIÉTÉ SUISSE DE CHIMIE

tenue à Berne le 9 mars 1918

Président : M. le Prof. Ph.-A. Guye (Genève)
Secrétaire : M. le Dr E. Briner (Genève)

Partie administrative. — F. Ephraim. Sur les octammines. — A. Pictet. Sur la distillation de la cellulose et de l'amidon dans le vide. — E. Briner. Sur la fixation de l'azote sous forme d'ammoniaque par les décharges électriques. — L. Ruzicka. Sur la constitution de l'irone. — O. Billeter. Sur la recherche de l'arsenic. — F. Fichter. Oxydation électrochimique des acides sulfoniques aromatiques. — J. Lifschitz. Contribution à l'analyse des spectres des quinones. — F. Kehrmann. Sur les colorants de la série des thionines. — M. Wüest. Sur l'isomérie du benzofulvène et de l'indène. — V. Kohlschütter. Etude des phénomènes cathodiques lors de la précipitation électrolytique des métaux.

M. le prof. Ph.-A. Guye, président, ouvre la séance en rappelant les pertes qu'a éprouvées la Société par le décès de deux de ses membres, M. le Dr A. Honegger, Directeur de la Société d'électrochimie à Bex et M. le Dr J. Schmid, Directeur de la Société de l'Industrie chimique à Bâle.

Il est ensuite donné connaissance des rapports du Comité, du trésorier et des vérificateurs des comptes, puis il est remis à M. L. Ruzicka (Zurich) un prix de fr. 200, qui lui a été attribué pour ses travaux dans le domaine de la chimie des terpènes.

M. le prof. F. Fichter (Bâle) fait un rapport détaillé sur la création et le fonctionnement du nouveau périodique « Helvetica chimica Acta » et termine par un vibrant appel au concours de tous les membres de la Société en faveur de son nouvel organe.

Sur la proposition du Président, l'assemblée vote une résolution de remerciements aux généreux donateurs qui ont contribué à la constitution des fonds de garantie du nouveau périodique.

Un projet de revision statutaire présenté par le Comité est adopté et l'on passe à la nomination de 21 nouveaux membres.

Election du Comité. — Sont élus pour une période de deux ans : MM. Ph.-A. Guye, président, O. Billeter, vice-président, A.-L. Bernoulli,

membre adjoint, F. Fichter, représentant la rédaction du périodique, et pour une période de six ans G. Engi, trésorier.

En fin de séance administrative, le Président donne lecture d'une lettre annonçant que le Conseil fédéral, reconnaissant le caractère d'utilité du nouveau périodique, en autorise la publication.

COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES

F. Ephraim (Berne). — *Sur les octammines.*

Des recherches antérieures ont démontré que la stabilité des composés chimiques est en relation étroite avec le volume des composants. Il était permis d'en déduire — sans toutefois qu'on l'ait prouvé jusqu'à présent — qu'en augmentant le volume des anions on peut améliorer la stabilité des cations complexes. En effet : en traitant des sels métalliques d'acides spécialement volumineux avec de l'ammoniaque, les auteurs ont obtenu des ammoniacates avec huit molécules d'ammoniaque, composés, qui, jusqu'à présent, n'avaient été réalisés que dans quelques cas isolés. Comme acides volumineux ils ont choisi des acides aromatiques carboxyliques et sulfoniques, en les combinant avec des métaux bivalents, tels que le nickel, le zinc et le cuivre. Déjà les benzoates fixent aisément huit molécules d'ammoniaque ; l'addition d'ammoniaque ne s'effectue pas dans les benzènesulfonates, mais bien en substituant au noyau benzénique celui du naphtalène, — de ce fait on agrandit le volume du reste acide — on réussit aisément à introduire huit molécules d'ammoniaque dans ces sels, du moins dans ceux de l'acide β-naphtalènesulfonique. Les sels, susceptibles de former des complexes internes, tels que les napthoylbenzènesulfonates, dans lesquels le métal tend vers le groupe céto, se prêtent moins bien à la formation d'octammines ; ils peuvent ne s'y plus du tout prêter lorsque le métal est fixé très solidement dans le complexe interne (par ex. sulfanilates). Les sels des acides dibasiques, tels que les phtalates ou les naphtalates, ne fixent que six molécules d'ammoniaque, malgré le grand volume du reste acide, ceci parce que, dans ces sels, le métal n'est pas enserré entre deux restes acides, mais reste libre d'un côté (configuration Ar — Me — Ar). Ce n'est pas le reste organique, qui fixe les septième et huitième molécules d'ammoniaque, vu que : 1. les sels d'acides bibasiques ne s'y prêtent pas ; 2. les sels d'acides monobasiques ne fixent pas d'ammoniaque du tout, pour autant que le métal, faisant partie de ces sels, ne fixe pas d'ammoniaque (sels des métaux alcalins) ; 3. on peut remplacer le reste organique par un reste purement *inorganique*, pour autant que celui-ci possède un volume suffisamment grand. Ainsi les sels d'acides

inorganiques complexes tels que

$$\left[Cr^{(CNS)_4}_{(NH^3)_2}\right]H \quad \text{ou} \quad \left[Co^{(NO^2)_4}_{(NH^3)_2}\right]H$$

fixent huit et même plus de huit molécules d'ammoniaque. L'introduction de l'ammoniaque n'altère pas le complexe négatif, celui-ci pouvant être régénéré.

La facilité avec laquelle ces corps fixent l'ammoniaque, s'explique selon les auteurs, par le fait que, vu le grand volume des anions, comparé à celui des cations, il en résulte des cavités entre les molécules, dans lesquelles les parties neutres peuvent se caser aisément. La couleur des octammines ne diffère que très peu de celle des hexammines, ce qui prouve que, lors de l'addition des deux dernières parties neutres, l'état de répartition de l'énergie chimique daus la molécule n'est plus altéré sérieusement, en d'autres termes, que l'affinité chimique ne joue plus qu'un rôle secondaire; cette affinité n'entrerait plus du tout en ligne de compte, si la configuration stéréométrique de la molécule ne favorisait pas l'addition des parties neutres.

AMÉ PICTET et JEAN SARASIN (Genève). — *Sur la distillation de la cellulose et de l'amidon dans le vide.*

Le produit principal de cette opération est la *lévoglucosane*, $C^6H^{10}O^5$, que Tanret a obtenue en 1894 dans le dédoublement de certains glucosides au moyen de l'eau de baryte. C'est un corps très soluble dans l'eau et fortement lévogyre ; il ne réduit pas la liqueur de Fehling et ne forme pas d'hydrazones; il contient 3 hydroxyles alcooliques. Il n'est pas fermentescible, mais le devient après ébullition avec les acides minéraux étendus; il se convertit alors en dextrose.

Les propriétés de la lévoglucosane conduisent à la formule I. Quant à celle qui en découlerait pour l'amidon et la cellulose, les auteurs croient pouvoir admettre que la liaison de plusieurs molécules de lévoglucosane en une seule se fait au moyen des valences libérées par la rupture de l'un des noyaux oxygénés, ce qui conduirait à la formule II :

```
HOHC———CHOH         /HOHC———CHOH\
  |      |         /   |      |   \
  HC—O—CH         (    HC—O—CH     )
  |      |         \   |      |   /
H²C—O—CHOH          \  CH²    CHOH/
                       |      |
                       O—         /n

     I.                   II.
```

La valeur de *n* serait seule différente dans les deux hydrates de carbone.

E. Briner (Genève). — *Sur la fixation de l'azote sous forme d'ammoniaque par les décharges électriques. (Recherches en collaboration avec A. Bærfuss).*

Comme suite à la communication faite sur le même sujet à la dernière séance d'hiver, les auteurs énumèrent une série de résultats expérimentaux qui confirment les prévisions. Ils concluent en interprétant ces résultats par les méthodes cinétistes, l'application sans réserve des formules de la thermodynamique conduisant à des conséquences qui sont en désaccord avec l'expérience.

L. Ruzicka (Zurich). — *Sur la constitution de l'irone.*

La seule preuve directe de la constitution de l'irone repose, d'après Tiemann et Krüger, sur sa transformation en irène et décomposition de ce dernier ; cette preuve est sujette à caution, car cette transformation a été opérée en faisant bouillir l'irone avec de l'acide iodhydrique.

```
 CH³  CH³                                        CH³  CH³
   \  /                                            \  /
    C                                               C
   / \                                             / \
HC     *CH . CH = CH . COCH³             H²C      *CH . CH² . CH² . COCH³
 ||     |                        --→       |       |
HC     *CH . CH³                         H²C      *CH
   \  /                                      \  /
   CH²                                       CH²
  Irone                                  Tetrahydro-irone
```

```
 CH³  CH³
   \  /
    C
   / \
H²C    C . CH = CH . COCH³
 |     ||
H²C    C . CH³
   \  /
   CH²
 β-Ionone
```

On a, dans le but de résoudre la question de la constitution de l'irone, préparé par réduction catalytique, à la température ordinaire, la tetrahydro-irone, ce qui a en même temps apporté une preuve exacte de la présence d'une double liaison. La tetrahydro-irone (optiquement active) possédant un point d'ébullition de 10° plus élevé que la tetrahydro-ionone (inactive) que l'on obtiendrait dans le cas où la formule de l'irone serait exacte, il en résulte qu'il doit y avoir entre les deux cétones une isomérie cis-trans, car la différence des points d'ébullition ne peut pas être expliquée seulement par la différence des propriétés optiques.

Des recherches faites dans le but de déterminer la constitution de la tetrahydro-irone, en l'oxydant avec le permanganate, sont restées

sans résultat, de même qu'avec la tétrahydro-ionone; la tetrahydro-irone n'a pas non plus pu être racémisée pour la comparer à la tetra-hydro-jonone.

Il ne reste donc plus, en vue de cette comparaison, qu'à chercher à préparer la tetrahydro-ionone optiquement active. Deux méthodes peuvent être utilisées: la scission de ce composé en combinaisons actives et la synthèse asymétrique par réduction catalytique d'un dérivé optiquement actif de la β jonone. Cette dernière méthode devra aussi être appliquée aux cétones simples non saturées.

O. Billeter (Neuchâtel). — *Sur la recherche de l'arsenic.*

La méthode pour la recherche de minimes quantités d'arsenic dont le principe a été communiqué à Bâle en 1911 (avec M[lle] Bulyghin), a été complétée, en partie en collaboration avec M. J. Bonhôte. Voici le résumé des détails de l'opération :

1. Destruction de la matière organique. Elle se fait dans la règle par l'acide azotique fumant et l'acide sulfurique. Urine : Le résidu d'évaporation est fondu avec un mélange de perchlorate et de sulfate de potassium.

2. Distillation : La solution sulfurique est distillée avec un mélange de 1 gr de sel de cuisine et 0,25 de bromure de potassium pour 10 gr d'acide, la masse saline résultant de l'urine avec la quantité correspondante de bromure de potassium et d'acide sulfurique.

3. Traitement du produit de la distillation : Il est recueilli dans de l'eau additionnée de quelques gouttes d'acide hypochloreux; l'acide chlorhydrique est détruit par l'addition d'une quantité équivalente d'une solution d'acide hypochloreux; évaporer, ajouter 1 cm^3 d'acide sulfurique à 12 $^0/_0$, évaporer à nouveau, ramener à 1 cm avec de l'eau, introduire dans l'appareil de Marsh.

4. Appareil de Marsh : Il est de dimensions minimes. Le récipient pour le dégagement de l'hydrogène d'une contenance de 2 cm^3 reçoit 0,1 gr de zinc électrolytique qui n'a pas besoin d'être activé ; l'air est chassé par de l'hydrogène fourni par un appareil constant ; le gaz est séché par du chlorure de calcium fondu neutre, préparé spécialement dans ce but et renouvelé pour chaque opération. La durée d'un essai est de 5' à 10 minutes.

La sensibilité dépasse 0,00005 mg d'arsenic.

Les teneurs en arsenic du foie humain normal et de l'urine normale furent déterminées.

Un principe pour le dosage volumétrique des miroirs d'arsenic fut indiqué.

F. Fichter (Bâle). — *Oxydation électrochimique des acides sulfoniques aromatiques* (en collaboration avec R. Bräudlin).

Les auteurs ont soumis à l'oxydation électrolytique avec anode de platine, le disulfure de l'acide diphényl-disulfonique-4-4[1] : $HO^3S - C^6H^4 - S - S - C^6H^4 - SO^3H$ et ont obtenu l'acide benzène-p-disulfonique : $HO^3S \,.\, C^6H^4 \,.\, SO^3H$. Mais le produit n'est pas pur et le rendement n'est que modéré, car l'acide benzène-disulfonique subit aussi l'oxydation électrolytique. Il doit d'abord se produire un acide phénol-disulfonique ; mais le seul produit final qui puisse être isolé est un acide très stable, qui renferme 5 atomes de S sur 2 noyaux benzéniques, sur lesquels 4 groupes sulfo seulement sont décelables. Il s'agit d'un acide tetrasulfonique de l'oxysulfobenzide, et une sulfone aurait donc pris naissance à l'anode.

Ce nouveau composé correspondrait à la formule :

```
          SO³H            SO³H
    HO  /    \          /    \  OH
       |      |        |      |
       |      |        |      |
        \    /—SO²—  \    /
          SO³H            SO³H
```

En élevant la densité du courant ce corps est aussi finalement attaqué et détruit en fournissant CO^2, H^2O et H^2SO^4.

J. Lifschitz (Zurich). — *Contribution à l'analyse des spectres des quinones.*

Comme suite à de précédentes études sur la fonction chromophore, l'auteur, en collaboration avec J. Zimmermann, a entrepris des recherches expérimentales sur la fonction chromophorique si discutée des noyaux quinoniques. Dans la benzoquinone l'apparition des bandes colorées nécessite la présence, soit des groupes CO soit d'une liaison doublement croisée, ou alors la molécule de benzoquinone représente par elle-même un chromophore sui generis. C'est dans ce dernier cas seulement que l'on peut parler d'un chromophore quinoïdique, dont l'effet optique serait à étudier en considérant le système conjugué des liaisons éthyléniques. Dans le premier cas, il serait nécessaire d'établir la conception du chromophore quinoïdique sur de nouvelles recherches.

Les données relatives au spectre des liaisons conjuguées éthyléniques ont été complétées par de nouveaux résultats, et l'on a procédé à une étude critique du spectre du fulvène. Pour l'analyse de ces spectres, la méthode de Stark, basée sur la fluorescence, peut seule être utilisée, car elle fait connaître les rapports de couplage. L'analyse des spectres des cétones et dicétones non saturées donne de meilleurs résultats, les méthodes de substitution et d'addition pouvant

être appliquées à ce cas. Il a été constaté que les conjugaisons croisées donnaient lieu à des phénomènes optiques tout nouveaux. Les bandes à grandes largeurs d'ondes des cétones du type phorone semblent provenir, malgré des analogies antérieures, d'autres électrons (C-électrons), que ceux qui caractérisent les 1,2 dicétones (diacétyle, O-électrons). C'est pourquoi les *o*-et *p*-quinones doivent être considérées à part. Les quinols (et aussi, pour autant qu'on les a étudiées, les quinolimines) sont analogues optiquement au phorone. Par contre, l'étude de la quinone, de la fuchsone et du tetraphényle-*p*-xylylène a déjà permis d'attribuer, en accord avec J. Stark, les bandes de la quinone aux électrons oxygènes. Cette interprétation a été confirmée plus tard par l'étude des spectres de la quinhydrone.

Les résultats obtenus jusqu'à présent font ressortir la difficulté du problème et montrent d'une façon certaine que la constitution quinoïdique ne peut expliquer les caractères de l'absorption des colorants. Les détails de ces recherches et les autres résultats expérimentaux seront communiqués ultérieurement.

F. KEHRMANN et PAULINE ZYBS (Lausanne). — *Sur quelques matières colorantes de la série des thionines.*

Les colorants étudiés par les auteurs dérivent de la N-méthylthiodiphénylamine par nitration, réduction des nitrosulfoxydes formés

CH^3 — N — NO^2 — S = O

I

CH^3 — N — NO^2 — NO^2 — S = O

II

Ac CH^3 N — Ac . N = — S

III

Ac CH^3 N — H — N(H)(Ac) = — NH^2 — S

IV

et oxydation des dérivés « leuco ». Tandis que les sels du mono-

amino-méthyl-phenazthionium n'ont pu être isolés qu'à l'état de dérivés acétylés (III), ceux de la diamine (IV) sont stables.

Il est très intéressant de constater que dans ce cas on ne peut pas obtenir de sel monoacide.

violet Lauth

biacide V — triacide VI

méthyl-diamine

biacide VII — triacide VIII

Les sels biacides sont colorés en bleu pur, exactement comme le violet biacide de Lauth, les sels triacides en vert, également comme le violet triacide du même savant (V et VI). Il résulte de cette concordance que les deux séries de sels du dérivé méthylique correspondent aux deux formules VII et VIII ci-dessus.

M. Wuëst (Berne). — *Sur l'isomérie du benzofulvène et de l'indène.*

D'après Thiele et Bühner, les benzofulvènes correspondants aux formules :

(A) — (B)

ne sont pas *isomères* mais *identiques*; le système conjugué des doubles liaisons doit s'y trouver en oscillation constante, de telle sorte que les formules A et B représentent le terme final de leurs déplacements. Thiele et Merck ont démontré plus tard que l'*alcali* employé dans la préparation de ces benzofulvènes agit comme *agent de transposition*, et ont pu préparer deux paires d'isomères des types A et B. La question concernant le processus de la migration de la double liaison n'était toutefois pas résolue.

Si l'on introduit systématiquement à la place de R_I et de R_{II} les radicaux : phényle, *p*-méthoxyphényle, furyle et deux phényles, on constate que les doubles liaisons des benzofulvènes ainsi obtenus, émigrent sous l'influence de l'alcali, de telle manière que le radical le moins saturé se trouve conjugué à la double liaison exocyclique. Le degré de saturation des résidus diminue suivant la série :

C^6H^5— , —$C^6H^4 . OCH^3$, <$\genfrac{}{}{0pt}{}{C^6H^5}{C^6H^5}$, C^4H^3O (furyle).

L'isomère le plus stable se trouve être en même temps le plus coloré ; par suite du déplacement de la double liaison, le chromophore entre en conjugaison avec les groupes exaltant la coloration (phényle, furyle, etc.)

—C—

Les formules A et B ne représentent que l'*état final* des déplacements de liaison ; en effet, on a pu, dans des cas isolés, constater la présence, comme produit intermédiaire de la transposition d'un indane doublement non saturé de la formule :

(C) CHR_I ; CH_2 ; CHR_{II}

Si l'on condense en effet le γ-furfurylindène en solution alcaline alcoolique, pendant 2 à 3 secondes, avec de l'aldéhyde anisique, il se forme l'indène furfurylanisylidénique qui se transforme facilement en

indane furfurylidène-anisylidénique ; ce dernier est transposé par ébullition d'une heure avec un alcali en indène furfurylidène-anisylique que l'on obtient également par condensation du *p*-anisylindène avec le furfurol. Tandis que les benzofulvènes des types A et B sont fortement colorés en jaune, les indanes du type C ne sont que jaune très pâle, ils ne sont pas réductibles par l'amalgame d'aluminium.

Des recherches faites dans le but de réaliser le cas le plus simple d'isomérie des benzofulvènes sont restées sans résultat ; lors de la préparation des γ benzofulvènes substitués, ces derniers se transposent

CH_2R — CH_2 (D) ⟶ (E) CHR — CH_3

toujours en γ méthylbenzofulvènes avec substitution en ω. Les benzofulvènes bialkylés (F), de couleur jaune pâle, ne peuvent au contraire pas être transposés en leurs isomères fortement colorés en jaune (G).

(F) $C^6H^5 . CH . C^6H^5$ — $CH^3 . C . CH^3$

(G) $C^6H^5 . C . C^6H^5$ — $CH^3 . CH . CH^3$

Thiele et Bühner ont aussi étendu leur théorie d'oscillation aux indènes eux-mêmes et combattu l'existence des α et γ-indènes. La réduction neutre des paires de benzofulvènes isomères aurait pu permettre de déterminer s'il y a oscillation ou simple transposition ; mais on a constaté que lorsqu'on opère avec un benzofulvène homogène il se forme toujours deux isomères, en sorte que l'on n'a pu tirer aucune conclusion de la position des doubles liaisons.

V. Kohlschütter et E. Vuilleumier (Berne). — *Etudes des phénomènes cathodiques lors de la précipitation électrolytique des métaux.*

Le schéma $M^{n+} + n\Theta \longrightarrow M$ n'explique pas les phénomènes de la précipitation électrolytique des métaux, lorsqu'on envisage soit la réaction électrochimique, soit la forme du précipité. Au potentiel

de décharge du cation, tel que le prévoit la théorie, s'ajoute, déjà par simple substitution de l'anion par un autre, une certaine polarisation chimique, et de différents sels simples on obtient le même métal sous des formes souvent très différentes ; dans ce dernier cas on observe parfois, mais pas toujours, des différences dans la polarisation chimique. La séparation du nickel et du fer est déjà fortement entravée, lorsqu'on électrolyse leurs chlorures ou leurs sulfates, et le plus souvent on les obtient simultanément sous forme d'enduits denses et compacts, caractérisés par des tensions internes remarquablement élevées et tendant de ce fait à se détacher de leur substratum. Les auteurs ont tiré profit de ces circonstances dans un « contractomètre » pour étudier les propriétés d'enduits métalliques de faible épaisseur. La tension mécanique des enduits est transmise à une lamelle de platine, qui subit une flexion. Ils ont montré ainsi que les couches métalliques de nickel et de fer subissent, dès leur apparition, une contraction qui s'accentue régulièrement au fur et à mesure que l'électrolyse se poursuit. Il s'ensuit que deux réactions différentes se succèdent rapidement à la cathode : la fixation d'un dépôt sur toute la surface et la contraction subséquente de ce dépôt. En chargeant avec de l'hydrogène la lamelle contractée par suite de la présence de la pellicule de nickel, elle se redresse. Il en est de même lors de la dissolution anodique de la cathode en état de contraction ; la flexion correspond donc à un état d'équilibre ; en la mesurant en fonction du temps, les auteurs ont pu tracer pour les différentes solutions des courbes caractéristiques.

Les réactions qui se succèdent rapidement à la cathode, peuvent être : 1. Le dépôt de métal instable et la transformation de celui-ci en métal stable. 2. L'adsorption d'un composé colloïdal et la réduction de celui-ci en métal. Dans le premier cas la polarisation chimique s'expliquerait par l'accroissement de la tension de dissolution électrolytique, dans le second cas par la diminution de la concentration ionique, du fait que l'accès de la solution vers la cathode est rendu plus difficile. Différents faits militent en faveur de la seconde interprétation : Le dépôt d'une couche d'adsorption de sel basique, peu soluble, provoquera non seulement une élévation du potentiel de la cathode, mais elle facilitera la précipitation du métal sous sa forme dense, puisque le métal se sépare du composé à l'endroit *même* où se trouve celui-ci. Cette réaction fait partie de la classe des processus « topochimiques », caractérisés par le fait que l'endroit où a lieu la réaction influe sur la marche ou sur le résultat de celle-ci.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

AVRIL 1918

Le 1, pluie de 7 h. à 10 h., de 18 h. à 22 h. et dans la nuit.
2, pluie de 8 h. à 9 h.; nouvelle neige sur les montagnes.
3, gelée blanche le matin.
4, petites averses à 14 h. et à 18 h.
5, petite pluie à 18 h.
7, pluie de 12 h. à 22 h. et dans la nuit; nouvelle neige sur les montagnes.
8, pluie de 7 h. à 9 h.
11, gelée blanche le matin, pluie dans la nuit.
14, orage à l'E à 16 h. 20, pluie de 16 h. 30 à 18 h, de 20 h. à 22 h. et dans la nuit; arc-en-ciel double à 17 h.; nombreux éclairs au SE et au N de 18 à 22 h. Chutes de grêlons en quelques points du canton.
15, pluie de 7 h. 30 à 8 h. 20.
18, pluie de 17 h. à 22 h. et dans la nuit.
19, pluie de 7 h. à 13 h. et dans la nuit; nouvelle neige sur les montagnes.
20, pluie mêlée de neige de 7 h. à 9 h., de 19 h. à 22 h. et dans la nuit.
21, neige de 7 h. à 9 h., pluie de 10 h. à 14 h., de 17 h. à 20 h. et dans la nuit; neige fondante sur le gazon, hauteur environ 4 cm.
22, neige de 7 h. à 8 h., pluie de 8 h. à 11 h., à 22 h. et dans la nuit.
24, faible rosée le soir.
25, légère gelée blanche le matin.
les 26 et 27, rosée le matin.
le 28, petite pluie de 7 h. 45 à 14 h.
29, petites averses à 19, 20, 21 h. et dans la nuit.
30, pluie de 7 h. à 11 h., de 20 à 22 h. et dans la nuit.

Hauteur totale de la neige 4 cm tombés en 2 jours.
Neige sur le sol les 21 et 22.

GENÈVE — AVRIL 1918

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 8 obs.	Écart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 ½	13 ½	21 ½	Dominant	V. moy. km/h.	Nébulosité 7 ½	13 ½	21 ½	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nomb. d'heur.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h.	mm	
1	14.6	14.9	17.8	15.53	− 9.00	14.1	18.7	W 0	NNW 1	SW 1	SW 1	3.6	10	5	10	9	4.0	14.2	12
2	24.1	27.6	28.0	24.92	+ 0.40	18.7	28.3	SW 1	SW 1	SW 0	SW 1	10.0	10	8	0	5	5.4	1.0	1
3	28.1	26.5	24.7	26.79	+ 2.28	24.2	28.5	SSW 0	NNE 0	W 1	NNE 1	4.2	0	9	0	4	7.1	....	....
4	22.8	21.6	23.0	22.77	− 1.73	21.5	24.2	NNE 1	NNE 0	SE 0	calme	0.7	4	9	10	8	4.1	0.3	1
5	24.8	24.8	27.6	25.15	+ 0.66	23.3	28.2	NNE 0	NNE 1	SW 0	calme	1.3	3	6	10	7	5.0	....	...
6	28.6	28.3	27.2	28.02	+ **3.53**	26.9	28.7	SSW 0	NW 1	SSE 1	calme	1.7	9	9	9	6	6.8	....	....
7	23.6	21.7	22.8	23.25	− 1.23	21.2	26.9	NW 0	SW 0	SE 1	calme	0.8	9	9	10	9	0.2	17.1	**17**
8	21.5	21.0	19.4	20.84	− 3.64	18.3	22.5	SW 0	NNE 0	NW 1	calme	0.7	10	9	10	9	2.5	1.8	2
9	14.4	15.0	14.5	14.95	− 9.53	13.5	18.3	NNE 0	SSW 1	SSW 1	SSW 1	5.0	10	9	9	8	3.4	....	....
10	14.0	14.9	19.0	15.65	− 8.84	13.8	20.5	SW 0	SW 1	SSW 1	SSW 1	4.8	8	9	0	6	1.6	....	....
11	22.5	22.9	24.7	22.72	− 1.77	20.5	25.6	SSW 0	NNW 0	SW 1	calme	0.8	0	2	0	3	10.8	1.1	2
12	25.9	23.7	21.4	24.00	− 0.50	20.4	26.0	N 0	NNW 1	NNE 1	calme	1.7	9	3	10	7	7.0	....	....
13	17.7	16.2	13.6	16.41	− 8.10	12.8	20.4	NE 1	NNE 1	N 0	var.	1.9	9	7	9	9	4.6	...	....
14	12.2	11.6	14.1	**12.64**	**−11.88**	**11.5**	15.2	N 0	N 1	SSW 1	SSW 1	2.6	7	3	10	6	7.4	11.0	9
15	16.6	17.1	19.8	17.27	− 7.26	15.2	21.0	W 0	SSW 1	SSW 1	SSW 1	2.1	10	9	9	9	1.0	0.2	1
16	22.3	23.0	24.2	22.86	− 1.69	21.0	24.4	SSW 1	SSW 1	N 1	SSW 1	6.9	9	9	10	9	0.5	....	....
17	24.2	23.7	22.9	23.74	− 0.82	22.5	24.7	NNE 1	NNE 1	NNE 1	NNE 1	**10.1**	9	3	0	5	7.6	....	....
18	21.1	19.3	17.2	19.85	− 4.73	17.1	23.5	NNE 0	NNE 1	SW 1	var.	3.8	8	9	10	9	1.5	**19.6**	14
19	16.4	16.9	18.4	17.17	− 7.43	16.2	18.6	SE 0	N 1	NNE 1	NNE 1	9.6	10	10	10	10	0.0	1.9	3
20	18.8	19.7	20.6	19.52	− 5.10	18.4	20.7	NE 1	NNW 1	SW 0	NNE 1	5.0	10	9	10	10	0.0	16.2	12
21	20.2	20.5	21.7	20.68	− 3.96	19.7	21.8	SW 0	SW 0	SW 0	calme	0.7	10	10	10	10	0.0	11.8	12
22	20.4	20.7	22.9	21.30	− 3.37	20.3	23.3	SW 0	SSW 1	SSW 1	SSW 1	3.8	10	9	9	10	0.0	2.9	6
23	23.4	23.0	23.0	23.08	− 1.61	22.5	23.5	SSW 0	NNE 1	NE 0	NNE 1	2.9	9	9	2	5	5.8	....	....
24	23.7	23.3	24.9	23.68	− 1.04	23.0	25.8	SW 0	NNE 1	NNE 1	calme	1.7	9	2	0	4	8.4	....	...
25	27.5	27.0	28.5	27.34	+ 2.59	25.8	28.9	NNE 0	SW 1	SW 1	SW 1	3.4	0	1	0	0	12.8	...	....
26	29.1	27.9	27.4	**28.16**	+ 3.38	26.7	**29.2**	NNE 0	NNE 1	NNE 0	calme	1.3	0	0	0	0	**13.1**	....	...
27	26.9	25.2	25.7	25.99	+ 1.18	24.4	27.3	NNE 0	NNE 1	NE 1	calme	1.7	7	1	1	3	10.5	....	....
28	24.5	23.8	23.7	24.22	− 0.62	23.4	25.7	SW 0	NNE 1	NW 1	calme	1.6	10	9	10	10	0.0	1.2	6
29	22.6	21.5	22.2	22.24	− 2.64	21.4	23.4	NW 0	NNE 1	SW 0	calme	1.6	9	9	10	10	0.6	3.6	5
30	23.8	24.0	26.2	24.15	− 0.76	22.7	25.8	SW 1	NW 1	E 0	var.	2.7	10	9	10	9	1.2	1.9	9
Mois	21.87	21.57	22.24	21.83	− 2.94							3.29	7.6	6.8	6.6	7.0	132.9	105.8	112

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en 0/0							Tempér. du Rhône		Limnimètre
	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 8 obs.	Ecart av la norm.	Min.	Max.	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Midi	Ecart av. la norm.	
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm
1	6.4	9.2	7.2	7.62	+0.79	5.8	10.7	97	86	88	91	+19	77	98	—	—	815
2	5.4	10.4	6.0	7.48	+0.51	4.0	11.8	73	54	80	71	− 1	42	95	6.5	−0.8	770
3	1.8	10.8	9.6	6.29	−0.81	0.5	11.2	91	52	62	70	− 1	47	92	6.6	−0.8	815
4	5.2	13.0	10.0	8.84	+1.60	3.8	14.7	78	55	79	71	0	48	85	6.9	−0.6	815
5	5.6	12.5	10.3	9.29	+1.91	5.0	14.0	91	63	73	77	+ 6	61	92	7.0	−0.6	810
6	8.4	12.6	10.7	10.61	+3.10	6.8	14.9	91	60	74	74	+ 3	56	92	7.5	−0.2	810
7	7.8	11.8	5.2	8.26	+0.61	4.5	13.3	77	56	89	75	+ 4	51	93	—	—	805
8	3.2	8.4	6.9	5.85	−1.94	2.5	10.0	95	66	80	82	+11	53	96	7.2	−0.6	790
9	6.2	8.0	8.5	7.83	−0.10	5.5	11.9	85	72	72	74	+ 3	55	87	7.3	−0.6	800
10	4.8	11.8	7.8	8.54	+0.47	3.8	12.8	91	56	78	73	+ 3	54	92	7.6	−0.4	790
11	4.3	12.2	11.8	9.55	+1.34	1.8	19.8	92	59	56	66	− 4	**20**	93	7.6	−0.5	795
12	9.0	12.0	12.5	11.55	+3.20	7.8	16.0	86	66	65	69	− 1	39	91	7.8	−0.4	785
13	10.4	15.5	12.8	12.51	+4.02	9.2	16.7	77	42	68	65	− 5	38	80	8.3	0.0	795
14	10.4	18.0	11.2	**13.35**	**+4.72**	8.0	**20.0**	82	42	83	65	− 5	26	87	—	—	805
15	8.0	14.0	9.6	10.64	+1.87	7.5	15.2	91	57	72	72	+ 2	52	93	8.4	−0.1	815
16	7.8	11.6	7.6	8.55	−0.36	6.6	13.3	72	56	86	75	+ 5	54	91	7.3	−1.3	815
17	7.5	11.0	8.4	9.04	−0.01	6.8	12.6	80	62	82	73	+ 3	56	84	7.7	−1.0	830
18	8.2	12.0	8.8	9.37	+0.18	5.5	13.7	85	65	90	78	+ 8	58	91	8.0	−0.8	830
19	7.0	6.2	3.7	5.89	−3.45	3.0	9.0	90	76	67	81	+11	65	93	8.0	−0.8	840
20	2.4	5.0	1.7	3.08	−6.40	0.8	5.3	88	69	94	82	+12	66	96	8.0	−0.9	875
21	0.8	3.1	2.2	**1.86**	**−7.76**	**0.0**	3.8	96	93	94	**94**	**+24**	86	98	—	—	855
22	0.6	5.7	3.7	3.00	−6.76	0.2	6.2	99	73	85	87	+17	70	100	7.7	−1.5	900
23	3.0	8.3	6.2	5.47	−4.44	1.5	9.6	92	74	79	79	+ 9	52	94	8.0	−1.3	905
24	5.4	10.7	6.9	7.77	−2.28	3.2	14.2	81	42	67	66	− 4	38	88	8.3	−1.1	900
25	5.9	15.7	9.1	9.41	−0.79	2.0	17.2	81	34	55	**59**	**−10**	24	88	8.7	−0.8	905
26	6.6	15.6	10.7	10.00	−0.34	2.9	19.0	76	33	60	60	− 9	29	86	8.8	−0.8	935
27	7.8	15.6	10.8	10.84	+0.36	4.8	18.0	80	40	63	64	− 5	31	88	9.5	−0.2	915
28	8.8	11.0	10.8	9.86	−0.77	7.0	12.6	78	85	80	80	+11	68	92	—	—	915
29	9.2	14.2	10.6	11.34	+0.57	8.0	15.5	90	56	84	76	+ 7	55	90	9.8	−0.1	925
30	8.8	13.9	10.0	10.66	−0.26	8.0	14.6	85	52	82	74	+ 5	49	91	9.8	−0.2	920
Mois	6.22	11.33	8.38	8.48	−0.49	4.56	13.25	86	60	76	74	+ 4			7.93	−0.85	843

MOYENNES DE GENÈVE — AVRIL 1918

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700 +

Heure	1 ½	4 ½	7 ½	10 ½	13 ½	16 ½	19 ½	22 ½	Moyenne
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	21.90	21.36	21.66	21.91	21.62	21.26	22.06	22.52	21.79
2e »	19.90	19.73	19.76	19.95	19.41	19.05	19.33	19.80	19.62
3e »	24.14	24.02	24.20	24.20	23.68	23.50	24 17	24.76	24.08
Mois	21 98	21.70	21.87	22.02	21.57	21.27	21.86	22.36	21.83

Température

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	6.02	5.42	5.48	9.05	10.85	10.50	9 16	8.01	8.06
2e »	7.56	6.97	7.50	10.36	11.75	12.60	9.58	8.50	9.35
3e »	5.35	4.46	5.69	8.76	11.38	11.65	9.33	7.55	8.02
Mois	6.31	5 62	6.22	9.39	11.33	11.58	9.36	8.02	8.48

Fraction de saturation en %

1re déc.	85	86	87	73	62	63	72	79	76
2e »	80	82	84	69	59	55	72	78	73
3e »	85	88	86	72	58	55	69	77	74
Mois	80	85	86	72	60	58	71	78	74

Dans ce mois l'air a été calme 478 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{43}{35} = 1.23$

Moyennes des 3 observations (7 ½, 13 ½, 21 ½)

		mm
Pression atmosphérique		21.89
Nébulosité		7.0
Temp.	$\frac{7\frac{1}{2} + 13\frac{1}{2} + 21\frac{1}{2}}{3}$ . . .	8°.64
	$\frac{7\frac{1}{2} + 13\frac{1}{2} + 2 \times 21\frac{1}{2}}{4}$.	8°.58
Fraction de saturation		74 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphérique .	(1836-1875)	24.77
Nébulosité	(1847-1875)	5.8
Hauteur de pluie . .	(1826-1875)	56.8
Nombre de jours de pluie	»	11
Temp. moyenne. . .	»	8°.97
Fract. de saturation	(1849-1875)	70 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	Céligny	Collex	Chambésy	Châtelaine	Satigny	Athenaz	Compesières
Hauteur d'eau en mm	112.4	?	112.2	99.0	105.6	97.5	95 2

Station	Veyrier	Observatoire	Cologny	Puplinge	Jussy	Hermance
Hauteur d'eau en mm	107.4	105.8	103.5	104.0	122.1	113.3

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS DE

AVRIL 1918

Les 1, 4, 6, 10, 11, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 25, 27 et 29, brouillard une partie de la journée.

le 13, brouillard toute la journée.

les 1, 2, 4, 9, 10 et 13, vent très fort.

le 21, forte bise.

GRAND SAINT-BERNARD — AVRIL 1918

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 ½		13 ½		21 ½		Dominant		Nébulosité 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm												
1	55.8	56.0	55.8	55.9	− 4.4	55 4	56.8	SW	4	SW	2	SW	3	SW	3	10	10	10	10
2	60.3	61.8	63.1	61.7	+ 1.3	56.8	63.2	SW	3	SW	2	NE	1	SW	2	10	10	0	7
3	63.1	63.6	63.6	63.4	+ 2.9	62.7	63.8	NE	0	NE	1	SW	1	var.		0	3	1	1
4	62.5	62.0	62.2	62.2	+ 1.7	61.8	63.5	SW	1	SW	3	SW	2	SW	2	10	10	10	10
5	62.3	62 9	64.0	63.1	+ 2.5	62.0	64.2	SW	1	SW	1	NE	0	SW	1	10	10	0	7
6	64.2	64.8	64.0	64.3	+ **3.7**	63.4	65.1	SW	0	NE	0	NE	0	calme		10	10	2	7
7	60 6	59.0	57.8	59.1	− 1.6	57.3	63.4	SW	1	SW	1	SW	1	SW	1	8	10	10	9
8	56.2	57.2	57.1	56.8	− 4.0	56.0	57.4	SW	1	SW	2	SW	1	SW	1	10	10	10	10
9	55.0	54.0	54.0	54 3	− 6.5	53.9	56.6	SW	1	SW	4	SW	4	SW	3	10	10	10	10
10	53.5	54.7	57.9	55.4	− 5.5	53.3	58.6	SW	1	SW	3	SW	1	SW	2	10	10	10	10
11	61 0	62.7	64.1	62 6	+ 1.6	58.6	64 3	SW	1	SW	1	SW	0	SW	1	10	10	10	10
12	63.5	63.8	62.8	63.4	+ 2.3	62.4	64 3	SW	0	SW	1	SW	0	SW	1	10	5	9	8
13	59.6	58.6	56.9	58.4	− 2.7	56.4	62.4	SW	1	SW	2	SW	3	SW	2	10	10	10	10
14	54.6	55.0	55.3	55.0	− 6.2	54.3	56.4	SW	2	SW	2	NE	2	SW	2	10	10	10	10
15	55.1	56.2	57.6	56.3	− 5.0	54 9	58.0	SW	0	SW	1	NE	1	var.		3	3	1	2
16	58.9	59.6	60.8	59.7	− 1 7	58.0	61.0	NE	0	SW	0	SW	0	calme		4	9	10	8
17	60.5	60.8	61.0	60.8	− 0.7	60.3	61 1	SW	1	SW	2	SW	0	SW	1	10	10	9	10
18	58.8	58.0	56.0	57.6	− 3.9	55 4	60.7	SW	0	SW	0	SW	1	SW	1	9	10	10	10
19	53.3	54.9	55.0	54.4	− 7.2	53.0	55.4	NE	1	NE	1	NE	0	NE	1	10	10	10	10
20	53.2	54.5	55.0	54.2	− 7.5	**52.9**	55.3	NE	1	SW	1	NE	1	NE	1	0	9	10	6
21	53.4	53.3	55.2	**54.0**	− **7.8**	53.2	55 3	NE	2	NE	3	NE	2	NE	2	10	10	10	10
22	54.6	55.3	57.4	55.8	− 6.1	54.4	57.5	NE	0	SW	0	NE	1	NE	1	10	10	10	10
23	57.1	57.2	58.8	57.7	− 4.3	56.9	59 0	NE	0	SW	0	SW	1	SW	1	0	3	1	1
24	59.2	59.8	61 8	60.3	− 1.8	58.8	62.2	SW	0	SW	1	SW	0	SW	1	0	3	5	3
25	62.5	64.7	65.9	64.4	+ 2.2	62.2	65.9	SW	0	SW	2	SW	1	SW	1	10	10	10	10
26	65.5	66.0	66 0	**65.8**	+ 3.6	65.4	**66.2**	SW	1	SW	0	SW	0	SW	1	3	8	0	4
27	63.7	63.7	63.2	63.5	+ 1 2	62.5	65.3	NE	0	NE	0	NE	0	calme		4	10	10	8
28	61.2	61.2	61.6	61.3	− 1.1	61.1	62 5	NE	0	NE	0	NE	0	calme		10	10	10	10
29	60.6	60.8	61.1	60.8	− 1.7	60.5	61 6	SW	1	SW	0	SW	0	SW	1	10	10	10	10
30	60.8	61.8	63.4	62.0	− 0 6	60.6	63.6	NE	1	SW	0	SW	1	var.		8	10	10	9
Mois	59.02	59.46	59.95	59.48	−2.15											7.6	8.8	7.6	8.0

Jour du mois	Température 7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 3 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max	Fraction de saturation en % 7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 3 obs.	Min.	Max.	Pluie et Neige Ancien Pluie	pluv. Neige	Nouv. Pluie	pluv. Neige
	°	°	°	°	°	°	°							mm	cm	mm	cm
1	− 6.2	− 3.2	− 5.0	− 4.8	+ 0.7	− 6.5	− 3.0	99	100	99	99	97	100	15.2	14	25.1	23
2	− 6.8	0.2	− 9.0	− 5.2	+ 0.2	− 9.2	0.5	98	82	90	90	75	99	....	....	3.6	....
3	− 9.6	− 5.6	− 5.6	− 6.9	− 1.7	−11.0	− 5.0	89	86	95	90	74	98	....	....	....	....
4	− 6.2	− 4.8	− 8.4	− 6.5	− 1.4	− 8.5	− 4.7	100	100	100	100	98	100	8.9	6	12.8	10
5	− 5.5	− 3.8	− 5.0	− 4.8	+ 0.2	− 6.0	− 3.2	100	98	100	99	95	100	....	....	....	....
6	− 4.5	1.6	− 3.2	− 2.0	+ **2.9**	− 6.0	2.2	100	75	95	90	70	100	....	....	....	....
7	− 4.4	− 3.0	− 5.2	− 4.2	+ 0.5	− 6.0	− 2.4	95	93	98	95	87	99	11.6	14	17.4	23
8	− 5.3	− 4.4	− 5.2	− 5.0	− 0.4	− 6.0	− 4.0	97	97	99	98	95	100	23.3	15	19.8	19
9	− 5.0	− 5.0	− 4.7	− 4.9	− 0.4	− 5.8	− 4.2	96	98	99	98	92	100	**28.0**	**36**	**53.0**	**69**
10	− 4.6	− 4.4	− 6.0	− 5.0	− 0.7	− 6.2	− 3.5	97	95	99	97	90	100	1.8	....	3.0	....
11	− 5.0	− 4.2	− 5.2	− 4.8	− 0.6	− 7.6	− 3.0	99	95	96	97	93	100	....	....	....	....
12	− 5.4	− 1.7	− 3.2	− 3.4	+ 0.7	− 6.3	− 1.4	97	85	99	94	79	100	....	....	7.5	4
13	− 3.6	− 2.7	− 3.6	− 3.3	+ 0.7	− 4.0	− 2.5	99	99	99	99	99	100	12.4	14	20.7	23
14	− 3.2	− 0.5	− 3.2	− 2.3	+ 1.5	− 4.2	0.0	95	81	95	90	76	99	8.2	6	10.0	11
15	− 4.9	− 1.2	− 3.0	− 3.0	+ 0.7	− 5.8	− 0.8	99	85	100	95	82	100	....	....	....	....
16	− 3.6	− 2.4	− 3.8	− 3.3	+ 0.2	− 4.0	− 1.8	100	100	97	99	85	100	....	....	....	....
17	− 3.5	− 1.4	− 3.5	− 2.8	+ 0.6	− 4.2	− 1.0	96	92	99	96	84	100	4.7	6	5.6	8
18	− 4.4	− 0.4	− 6.2	− 3.7	− 0.4	− 7.0	0.5	100	78	99	92	76	100	3.0	5	4.3	6
19	− 8.7	− 2.7	− 5.8	− 5.7	− 2.6	− 9.0	− 2.0	97	77	100	91	71	100	7	....	1.9	....
20	− 8.9	− 7.6	−10.4	− **9.0**	− **6.0**	−10.8	− 6.5	97	92	96	95	80	98	16.0	22	24.0	26
21	−10.0	− 4.0	− 7.4	− 7.1	− 4.3	−11.8	− 3.8	95	73	90	86	71	97	15.5	20	22.2	29
22	−10.4	− 5.7	− 8.9	− 8.3	− 5.6	**−13.0**	− 5.0	76	66	80	**74**	60	88	8.0	11	10.0	15
23	− 8.5	− 5.0	− 6.4	− 6.6	− 4.0	−10.0	− 3.2	74	72	90	79	68	95	1.0	1	1.8	2
24	− 7.2	− 5.2	− 7.0	− 6.5	− 4.1	− 8.0	− 5.0	99	98	98	98	85	100	1.0	2	2.3	3
25	− 7.2	− 3.5	− 4.7	− 5.1	− 2.8	− 8.0	− 3.0	98	88	85	90	80	100	5.0	7	6.8	9
26	− 5.0	2.8	− 2.7	− 1.6	+ 0.5	− 7.0	**3.2**	75	60	100	78	**50**	100	....	....	....	....
27	− 2.5	2.3	− 2.4	− **0.9**	+ 1.1	− 3.0	2.8	99	66	100	88	61	100	6.0	6	9.3	10
28	− 1.9	− 0.9	− 3.0	− 1.9	0.0	− 3.8	− 0.2	96	93	100	96	91	100	1.8	2	3.0	4
29	− 2.0	− 1.2	− 3.2	− 2.1	− 0.4	− 3.0	− 1.0	90	96	99	95	86	100	....	....	....	....
30	− 2.0	0.1	− 2.2	− 1.4	+ 0.2	− 3.8	2.8	99	78	99	92	63	100	3.4	5	6.0	8
Mois	−5.53	−2.58	−5.10	−4.40	−1.13	− 6.85	−1.94	95	87	97	93			175.5	192	270.1	302

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD — AVRIL 1918

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm +

Heure	7 ½ mm	13 ½ mm	21 ½ mm	Moyenne mm
1re décade	59.35	59 60	59.95	59.63
2e »	57.85	58.41	58.45	58.24
3e »	59.86	60.38	61.44	60.56
Mois	59.02	59 46	59.95	59.48

Fraction de saturation en %

Heure	7 ½	13 ½	21 ½	Moy.
1re décade	97	92	97	96
2e »	98	88	98	95
3e »	90	79	94	88
Mois	95	87	97	93

Température

Heure	7 ½ °	13 ½ °	21 ½ °	Moyenne $\frac{7\frac{1}{2}+13\frac{1}{2}+21\frac{1}{2}}{3}$ °	Moyenne $\frac{7\frac{1}{2}+13\frac{1}{2}+2\times21\frac{1}{2}}{4}$ °
1re décade	– 5.81	– 3 24	– 5.73	– 4.93	– 5.13
2e »	– 5.12	– 2.48	– 4.79	– 4.13	– 4.29
3e »	– 5.67	– 2.03	– 4.79	– 4.16	– 4.32
Mois	– 5.53	– 2.58	– 5.10	– 4 40	– 4 58

Dans ce mois l'air a été calme 378 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{18}{71} = 0.25$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	Grand St-Bernard Anc. P.	Grand St-Bernard Nouv. P.
Eau en mm . .	43.6	54 0	113.9	175.5	270.1
Neige en cm . .	0	28	118	192	302

CHANGEMENTS

QUE PROVOQUENT DANS LA

DILATABILITÉ DES ACIERS AU NICKEL

LES ACTIONS THERMIQUES OU MÉCANIQUES

PAR

Ch.-Éd. GUILLAUME

(Avec 2 fig.)

L'anomalie des alliages de fer et de nickel dépend, pour son intensité, non seulement de la composition chimique de ces alliages, mais encore des actions thermiques ou mécaniques auxquelles ils ont été soumis. Pour l'invar, qui, de tous les alliages en question, présente l'anomalie maximum, le fait a été surabondamment établi, ainsi que je l'ai exposé dans un mémoire récent [1].

Je vais maintenant montrer, avec moins de détails il est vrai, en quelle mesure les alliages voisins participent à ces changements. Il sera cependant nécessaire de discuter au préalable le sens à la fois physique et métrologique que possède le coefficient β dans la formule de dilatation, arrêtée, comme il est suffisant dans la grande majorité des cas, à son terme du second ordre.

Signification du terme quadratique de la formule de dilatation. Lorsqu'il s'agit de l'invar, un exposé d'ordre général peut

[1] « Nouvelles recherches sur la dilatabilité de l'invar. » *Arch. 1917*, vol. 43, p. 453.

admettre une forme simplifiée. D'un échantillon à l'autre, le coefficient β varie entre des limites assez étroites pour qu'il soit, le plus souvent, impossible d'affirmer que les différences révélées par le calcul des observations correspondent à des réalités, et ne tiennent pas seulement aux petites erreurs inévitables des mesures. En rendant compte de mes recherches relatives à l'invar, j'ai reproduit uniquement les valeurs des dilatations *vraies* à 20°, valeurs qui ressortent sensiblement avec la probabilité maximum des expériences au comparateur ; ainsi, la discussion des nombres expérimentaux était allégée de tous les détails superflus.

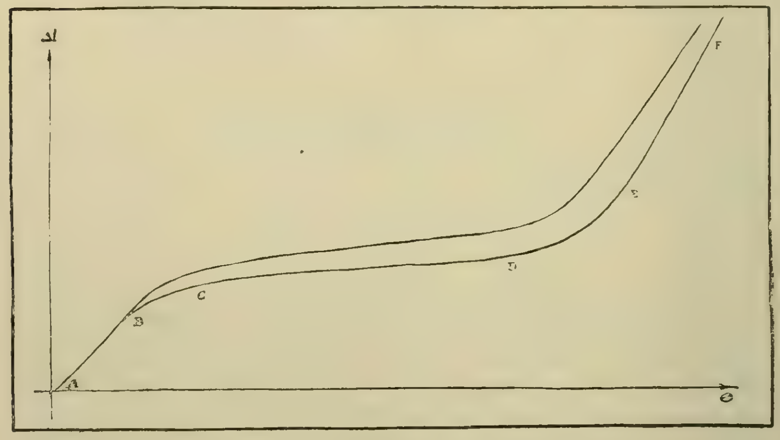


Fig. 1.

Or, le coefficient du terme quadratique, dans l'expression des dilatations, comme de beaucoup d'autres propriétés de la matière, possède une signification très particulière : il indique la plus ou moins grande rapidité du changement de la propriété considérée, et peut, s'il possède une valeur élevée, marquer l'existence d'une transformation.

Dans le cas des aciers au nickel, ce coefficient a un sens précis. Ainsi que je l'ai établi dès mes premières recherches[1], la dilatabilité d'un ferro-nickel est représentée, dans son aspect général, par une courbe analogue à celle de la figure 1 (courbe supé-

[1] *Arch. 1903*, vol. 15, p. 255.

rieure). La première partie AB, sensiblement rectiligne, ou légèrement concave vers le haut (β faiblement positif), marque le phénomène normal; l'incurvation vers le bas, BC (β négatif), indique l'entrée dans l'anomalie; la portion à peu près rectiligne CD qui suit correspond au gros du phénomène; la forte courbure avec concavité supérieure D E (β fortement positif) établit le raccordement avec le deuxième phénomène normal EF, mélange du fer et du nickel à l'état non magnétique. Entre les deux tronçons extrêmes se place la transformation de laquelle dépendent toutes les propriétés anormales des ferro-nickels.

La dilatabilité vraie, à 20°, des ferro-nickels faiblement mélangés d'additions métallurgiques, est représentée par la courbe A du diagramme fig. 2 ; le coefficient β suit l'allure marquée par la courbe B. La phase de la plus rapide transformation est indiquée par le maximum de β; sa valeur est ici vingt ou trente fois plus grande que dans le platine et respectivement six et sept fois plus grande que dans le fer et le nickel, métaux pour lesquels les termes quadratiques sont particulièrement élevés dans les formules représentant leur dilatabilité, comme la plupart de leurs propriétés.

Nous verrons bientôt que, pour un même alliage diversement traité, β peut varier sensiblement. Or, pour pouvoir attribuer aux écarts trouvés leur sens réel, il est nécessaire de nous faire d'abord une idée de la précision avec laquelle ce coefficient est déterminé.

Précision atteinte dans la détermination de β. — Les mesures au comparateur sont, en général, comprises dans l'intervalle de 0° et 38°, limites entre lesquelles on insère un nombre plus ou moins grand de mesures individuelles. Pour les recherches dont il sera rendu-compte ci-après, la barre, de 1 mètre, dont je déterminais la dilatation, était comparée, à six températures régulièrement espacées, à une règle de platine iridié, dont la dilatation avait été déterminée directement avec le plus grand soin.

Lorsqu'on opère très près de la température ambiante, la température du bain est, à la fois, bien constante et bien uniforme; la thermométrie est, d'autre part, assez parfaite pour que l'on puisse considérer la température moyenne des barres comparées

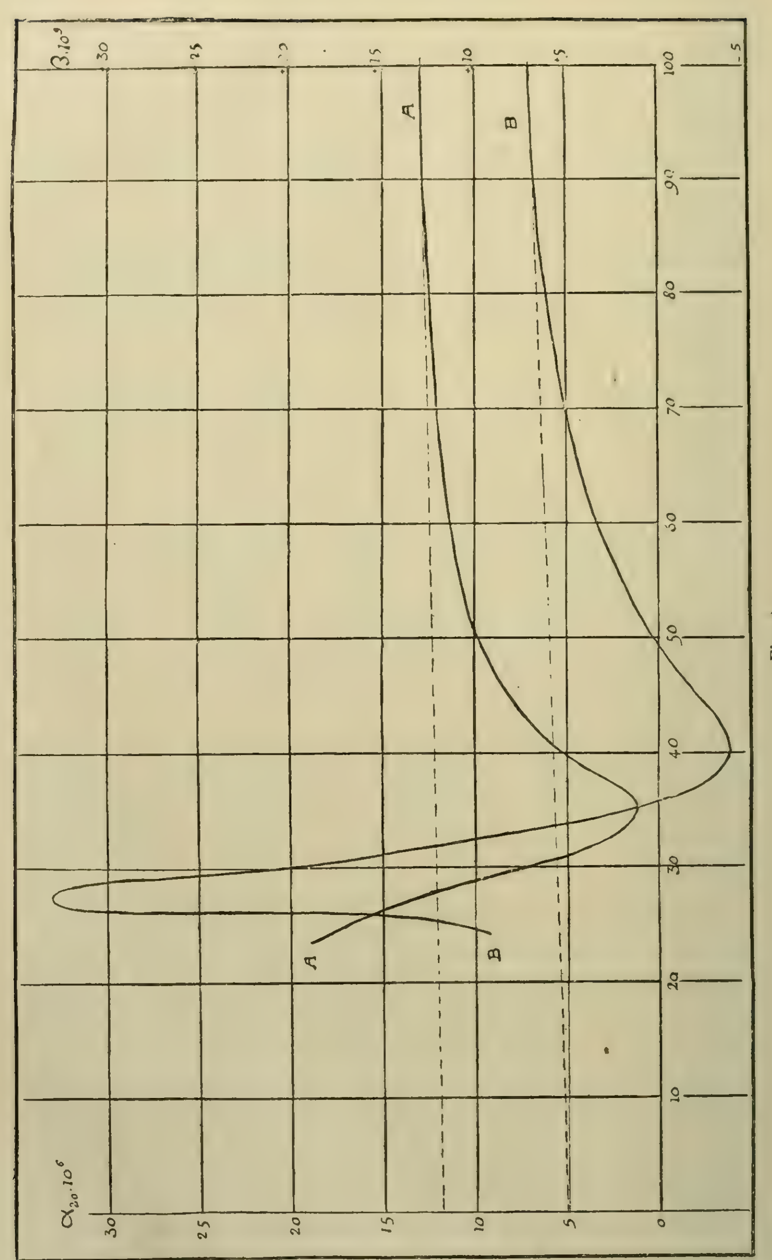


Fig. 2.

comme déterminée sans erreur. C'est, alors, uniquement sur les longueurs que portent les imperfections des mesures, dont on peut fixer la limite, dans des conditions moyennes, comme étant de l'ordre de quatre ou cinq dixièmes de micron pour une série normale.

Mais, si l'on s'éloigne de la température ambiante, les inégalités apparaissent, et les erreurs deviennent sensibles sur les deux variables de l'équation, température et longueur. Aux températures élevées, la buée qui se dépose sur les microscopes, le balancement des traits dû aux courants ascendants, et, comme conséquence, la fatigue de l'observateur, accroissent sensiblement les erreurs des mesures. Vers 38°, des erreurs de l'ordre du micron ne doivent plus être considérées comme impossibles, surtout avec des barres de forte dilatabilité.

Dans un nombre très grand de déterminations reposant chacune sur un nombre restreint de mesures, il se produit sûrement des cas où toutes les erreurs s'ajoutent. On pourra donc imaginer des circonstances telles que la flèche de la courbe de dilatation ressorte des observations avec une erreur de 1^μ à $1^\mu,5$. Dans l'intervalle de 0° à 38° que nous avons supposé, cette quantité entraîne, pour β, une modification de 3 à 4. 10^{-9} et une erreur de cet ordre se montre possible bien que restant très rare. Si donc on constate, entre plusieurs formules de dilatation relatives à un même alliage diversement traité, des écarts de cette importance, on ne pourra pas en conclure avec certitude qu'ils sont réels. Si, au contraire, ils sont doubles, leur réalité ne peut faire aucun doute. Je parle, bien entendu, de mesures faites par un observateur très entraîné.

Reprenant l'aspect métrologique du problème, nous pouvons, maintenant, nous demander, puisque β représente tant d'incertitude, pourquoi ce coefficient est souvent donné, dans les formules de dilatation, avec trois ou quatre chiffres significatifs. La raison en est dans le mécanisme de répartition des valeurs entre les deux coefficients α et β.

Deux systèmes d'observations peu différentes peuvent conduire à des couples de valeurs de α et β dans lesquels ces coefficients, pris isolément, diffèrent de quantités notables ; et pourtant, la formule complète conduit, surtout pour un intervalle de tempé-

rature voisin de celui couvert par les mesures, à des résultats presque identiques. Ainsi, pour les applications, les deux formules sont sensiblement équivalentes ; mais on ne devra pas chercher, dans les valeurs de α et β considérées séparément, des documents permettant des conclusions relatives à la constitution des corps, si l'on ne connaît pas la limite réelle de la précision avec laquelle ces coefficients, et surtout le second, sont déterminés.

Le calcul de l'erreur probable pourrait dispenser de toute discussion ; mais le calcul des erreurs ne conduit à des résultats raisonnables que si le nombre des observations est très grand : il est au contraire dénué de sens lorsque les observations sont en petit nombre ; il faut alors s'en remettre à l'expérience du métrologiste pour l'évaluation du degré de certitude des résultats et des conséquences qu'ils entraînent.

Alliages étudiés. Résultats.

Composition. — Le tableau suivant reproduit, telles qu'elles résultent des analyses faites à Imphy, les compositions des alliages sur lesquels ont porté mes recherches.

Numéros des coulées	Composition des échantillons				
	Ni		Mn	Si	C
	Vrai	Réduit			
133	27,6	27,2	1,2	0,5	0,4
1843	27,7	27,3	1,2	0,4	0,4
3861	31,6	31,7	0,4	0,2	0,2
1186	42,9	42,1	1,8	0,2	0,2
743	43,0	42,8	0,8	0,2	0,2
1265	49,8	49,1	1,6	0,3	0,1
3411	55,8	55,6	0,9	0,3	0,2
502	69,0	68,6	1,1	0,2	0,2

Tous ces alliages contiennent, comme on voit, une très faible proportion de silicium et de carbone, mais plusieurs d'entre eux renferment du manganèse un peu au delà des quantités métallurgiques nécessaires. Or, des recherches portant sur les pro-

priétés magnétiques et sur les dilatations m'ont conduit à établir cette règle approximative : Une unité de manganèse dans un acier au nickel remplace une quantité de fer égale à 1,6, l'excédent sur le total égal à 100 étant porté en déduction sur la proportion de nickel. Cette proposition à laquelle il ne faut pour le moment, attacher d'autre signification que celle d'une notion empirique, sera justifiée dans d'autres publications. On a porté, dans le tableau des compositions, sous le titre « Ni réduit », la quantité de nickel qui assurerait à des alliages contenant uniformément 0,5 Mn, des propriétés sensiblement équivalentes à celles des alliages étudiés. Cette assimilation facilitera plus tard la discussion des résultats.

Ordre des expériences. — Le plan des recherches avait été établi en vue d'examiner, pour chaque coulée, une barre en alliage naturel (laminée à chaud et refroidie à l'air), une barre trempée, une barre réchauffée à 900° et refroidie au four, enfin une barre étirée de 50 p. 100 après trempe.

Il semblait évident que le recuit devait agir, par rapport à l'état naturel, en sens contraire de la trempe. Or, pour plusieurs des tiges recuites à Imphy, les changements furent trouvés de même sens, ce qui m'engagea à soumettre ces dernières à un nouveau recuit. Grâce à la grande obligeance de M. E. Baudin, cette opération a pu être faite dans les fours à porcelaine de la Manufacture nationale de Sèvres. Les barreaux étaient enfermés dans des tubes de fer, que l'on achevait de remplir avec du sable siliceux. La température atteinte par le four dépassait un peu 1000°, et le refroidissement s'effectuait en trois jours. On a trouvé, dans la plupart des cas, les barres incrustées de sable à tel point qu'elles agissaient comme des meules sur les outils d'acier très dur (limes, etc.) employés pour en nettoyer la surface. Le sens des résultats relatifs aux premiers recuits s'est toujours trouvé confirmé et parfois accentué. La concordance étant ainsi établie, plusieurs des barres furent recuites à Sèvres seulement, pour éviter une perte de temps.

Le résultat qui vient d'être énoncé était au moins paradoxal ; j'ai cru pouvoir l'attribuer à une transformation profonde de l'alliage, allant au delà des actions thermiques. Seul le retour à l'état naturel, obtenu par un réchauffement de courte durée

avec refroidissement à l'air, pouvait renseigner sur la partie purement thermique de l'action du recuit. Ce retour a été effectué pour toutes les barres, et il a conduit à des résultats qui ont montré une suite logique du recuit à la trempe.

Résultats. — Les deux tableaux qui suivent condensent les données acquises au cours de ce travail ; on y a joint, pour compléter l'exposé, ceux qui se rapportent à l'invar, et dont la justification se trouve dans le mémoire antérieur consacré à cet alliage.

Partant de la dilatabilité vraie à 20° ou du coefficient β à la même température[1], on a inscrit, dans la suite des tableaux, les écarts que présente chacun des coefficients pour les états recuit, trempé et trempé puis étiré. Pour le premier de ces états, les indications « apparent » et « réel » se rapportent, la première aux résultats immédiats des mesures sur les tiges recuites, la seconde aux différences, prises en revenant en arrière, entre l'état naturel après recuit et ce dernier état. Lorsque les tiges ont subi deux recuits successifs, on n'a inscrit au tableau que les résultats du second.

L'examen des résultats inscrits dans les tableaux montre qu'en dépit de quelques irrégularités, ils présentent une suite assez continue pour permettre d'en établir nettement les caractères.

Pour le coefficient α, le phénomène, maximum pour l'invar, s'atténue dans les deux sens. Du côté des hautes teneurs, il tend graduellement vers zéro, en même temps que l'anomalie elle-même ; pour l'alliage de la plus haute teneur, les changements trouvés excèdent de très peu. en effet, l'incertitude des mesures. Vers les basses teneurs, au contraire, le phénomène se renverse dans la même région que l'anomalie.

Ainsi, l'action des traitements se révèle comme intimement liée à l'anomalie ; elle permet de penser que cette action sera inappréciable pour les métaux ou alliages dont la dilatation suit les lois ordinaires.

L'examen de l'action qu'exercent les traitements sur la valeur de β révèle également des changements singuliers.

[1] Il est, en général, superflu d'indiquer la température à laquelle se rapporte le coefficient β, qui conserve la même valeur dans un très large intervalle ; mais, dans le cas des aciers au nickel, en raison de sa rapide variation, cette indication est nécessaire.

VALEURS DU 1er COEFFICIENT

Nos des coulées	Nickel réduit	$10^6 . \alpha_{20}$ naturel	$10^6 . \Delta\alpha$ Recuit Apparent	Recuit Réel	Trempe	Trempe-étirage
133	27,2	13,77	+ 0,72	— 0,25	+ 0,30	+ 0,04
1843	27,3	11,45	+ 1,35	— 0,21	+ 0,51	+ 0,62
3861	31,7	2,94	+ 0,79	+ 0,32	— 0,19	— 0,46
Invar	35,6	1,20	+ 0,65	+ 0,65	— 0,46	— 1,00
1186	42,1	8,00	— 0,75	+ 0,15	— 0,26	— 1,00
743	42,8	7,35	— 0,16	+ 0,08	— 0,15	— 0,90
1265	49,1	9,89	+ 0,24	+ 0,21	— 0,08	— 0,38
3411	55,6	11,11	+ 0,04	+ 0,16	— 0,15	— 0,41
502	68,6	12,04	— 0,13	— 0,03	— 0,03	— 0,05

VALEURS DU 2me COEFFICIENT

Nos des coulées	Nickel réduit	$10^9 \beta$ naturel	$10^9 . \Delta\beta$ Recuit Apparent	Recuit Réel	Trempe	Trempe-étirage
133	27,2	+ 23,8	— 9,3	— 1,3	— 1,6	— 2,8
1843	27,3	+ 34,3	— 7,0	+ 2,2	— 1,0	— 9,9
3861	31,7	+ 12,9	— 2,3	+ 2,0	+ 2,4	+ 3,7
Invar	35,6	0,0	+ 0,4	+ 0,4	+ 0,2	+ 1,2
1186	42,1	— 3,3	— 1,7	+ 1,3	— 1,3	— 3,5
743	42,8	— 3,7	+ 0,3	0,0	+ 2,6	— 3,7
1265	49,1	— 0,8	+ 0,5	— 0,3	— 3,5	— 3,3
3411	55,6	+ 4,4	— 2,3	— 0,8	— 3,6	— 3,4
502	68,6	+ 3,9	— 2,2	— 2,2	— 0,4	+ 1,0

Nous voyons d'abord, pour les deux premiers alliages, ce coefficient notablement abaissé par le recuit. Ce changement, rapproché de celui de α, montre que ces alliages, qui se trouvaient, à l'état naturel, dans la région de la plus rapide transformation, en sont sortis vers le haut, c'est-à-dire par un déplacement de cette région vers des températures plus basses. Ce changement est définitif, puisque le retour à l'état naturel se produit avec le maintien du nouveau β. Dans la suite, les changements sont faibles, et la plupart n'excèdent guère l'incertitude possible des observations.

La trempe exerce, sur la valeur de β, une action de peu d'importance, et chacun des résultats, pris isolément, pourrait être considéré comme dépassant à peine la limite d'incertitude des mesures ; mais la continuité, à peine troublée, de la suite des nombres, conduit à penser que l'action est ondulatoire ; faiblement négative aux basses teneurs, positive aux teneurs moyennes, puis négative, enfin nulle lorsque l'anomalie disparaît.

La même observation s'applique aux nombres relatifs à l'état trempé-étiré ; mais ici, les changements sont beaucoup plus considérables[1].

L'ensemble des résultats trouvés pour α et β permet, dans le cas des alliages écrouis, où ils sont particulièrement nets et de grande amplitude, de tracer, en s'aidant de la règle des états correspondants, l'allure de la dilatation pour un même alliage, à l'état naturel et à l'état écroui, ou tout au moins de marquer les différences dans l'allure des dilatations pour ces deux états.

Nous avons analysé, au début de cette note, les caractères des divers tronçons de la courbe ABCDEF (fig. 1, courbe supérieure), correspondant à l'état naturel. A ses débuts, la courbe relative à l'état écroui est tangente à la première, et même osculatrice, puisque les deux coefficients possèdent les mêmes valeurs ; on se trouve ici, en effet, aux confins de l'anomalie de dilatation en un point que marque l'alliage n° 502. Puis β diminue et tend

[1] Le dernier des résultats pourrait aussi bien, au sens métrologique, être interprété comme étant égal à zéro. Il suffirait, en effet, pour cela, de modifier, pour l'alliage naturel ou l'échantillon tréfilé, la flèche de la courbe de $0^{\mu},3$.

vers les valeurs plus fortement négatives (segment BC, courbe inférieure); la dilatation à l'état écroui est caractérisée à la fois par une valeur plus basse de α et β; la courbe s'écarte vers le bas, avec une concavité plus accentuée, ce qui amène, pour la région de l'invar, à des dilatabilités négatives, représentées par la première partie du segment CD. Ensuite, β se relève, de façon à ramener la courbe des dilatations vers des valeurs positives; enfin la différence redevient négative, ce qui est l'indice d'une moindre courbure de la région DE. Le dernier segment EF est plus incliné dans la courbe inférieure, puisque α est plus fort à l'état écroui qu'à l'état naturel. On voit ainsi que les changements trouvés pour α et β s'accordent pour permettre de dessiner, sans rencontrer une seule contradiction, la courbe générale des dilatations.

L'étude des changements qu'éprouve la dilatation de l'invar par l'effet de traitements thermiques ou mécaniques divers a été le point de départ d'applications intéressantes, notamment pour l'obtention des fils destinés à la mesure des bases géodésiques; on vient de voir comment les changements trouvés pour cet alliage s'insèrent, ainsi que sa dilatabilité à l'état naturel, dans l'ensemble des phénomènes qui constituent l'anomalie des aciers au nickel.

RECHERCHES

SUR LA

RADIOACTIVITÉ DES EAUX

NEUCHATELOISES ET SEELANDAISES

PAR

H. PERRET et A. JAQUEROD

(Avec 6 fig. et 1 planche)

(Suite et fin).

VII. Etude spéciale de deux régions.

A. *Région du Locle.* — Voici par ordre chronologique les sources que nous avons étudiées dans un espace de quelques km². La carte correspondante (p. 422) est faite d'après les mêmes principes que la carte générale. Pour qu'il n'y ait pas de confusion possible, les sources qui figurent sur les deux cartes ont le même numéro.

N°	Nom de la source	Date	Débit	Temp. eau	Eman. par l	Eman. totale
65	La Jacques I	5- 9-14	8	11	0,48	3,84
64	Combe Girard	22-10-14	4	8	2,62	10,48
66	Entre-deux-Monts	22- 7-15	7	5	0,39	2,73
67	Roches de la Sagne	22- 7-15	50	6,5	0,41	20,5
70	Varodes	26- 6-16	3,8	9,5	0,47	1,79
71	Crozot	9-10-16	puits	10	0,31	
72	Combe Robert	19-10-16	1,5	6,5	traces	traces

N°	Nom de la source	Date	Débit	Temp. eau	Eman. par l	Eman. totale
73	Le Rocher	19-10-16	50	10	0,56	28,0
83	Combe des Enfers	27-10-16	40	6	0,59	23,6
68	La Jaluse (bas)	22- 1-17	7,5	5	0,20	1.5
113	La Claire (bas)	1- 4-17	10	12	0.76	7,6
114	Jaluse (haut)	9- 4-17	2,5	5	0,80	2,0
115	Jaluse (M. Rose)	25- 4-17	18	6	1,92	34,58
116	Abattes	15- 6-17	30	7,5	0.85	25,5
117	Vioulou (ferme)	24- 6-17	32	5	1,04	33.28
118	Calames-Combes	24- 6-17	35	10	1,47	51,45
74	Vioulou (pâture)	24- 6-17	6	7	3,71	22,26
75	Calames (école)	28- 6-17	1	12	1,38	1,38
119	Jeanneret (bas)	6- 7-17	40	7	1,31	52,4
120	Jeanneret (haut)	6- 7-17	50	7	0,36	18
121	Fontaine Gunther	9- 7-17	4	10,5	0,13	5,2
76	Molière	9- 7-17	35	9	0,57	20
77	La Claire (haut)	1- 8-17	10	7	0,72	7,2
79	Les Replates (haut)	13- 8-17	6	11	0,34	1,44
80	Crêt Perrelet	29- 8-17	12	11	0,14	1,68
78	Combe Jeanneret	6- 9-17	8	8	0,41	32,8
69	Les Replates (bas)	6- 9-17	4	11.5	0,88	35,2
122	Combe Girard II	24- 9-17	40	9	0,45	18
123	Combe Girard III	24- 9-17	28	8	0.55	15,4
82	Frêtes (Comboles)	29- 9-17	2,25	13,5	rien	rien
124	Frêtes (Restaurant)	29- 9-17	6	12,5	0,17	1,02
125	Quartier Neuf	12-10-17	35	6	0,85	29.75
126	Molière II	20-10-17	6	6	0,65	3,90
127	Jaluse	20-10-17	12	7	0,81	9,72

B. *Région du Seeland.* — [Voir la carte de Madretsch et environs, p. 423]. Nous avons choisi, dans le Seeland, une région encore plus restreinte que la précédente. Elle mesure à peine 1 km². Nous y avons analysé les eaux de tous les puits, fontaines, sources qui s'y trouvent. Un grand nombre des eaux ont été prises à la même époque : il s'agissait de voir si elles présentent, au point de vue radioactif, un caractère d'uniformité. La tabelle et la carte suivantes montrent ce qui en est.

N°	Nom de la source	Date	Débit	Temp. eau	Eman. par l	Eman. totale
104	Brühl	12- 4-14	8	11	0,35	2,80
98	Puits Racheter	13- 5-14		11	0,42	
105	Marais	27- 5-14	3	11	0,84	2,52
99	Puits Méroz	14- 7-14		12	0,31	
102	Eviers (Madretsch)	24- 6-15		12	0,12	
147	Collège	7- 2-16	2	5	0,11	0,22
154	Grand Pont	20- 5-16	3	9	0,29	0,87
153	Tilleuls	16- 6-16	12	10	0,77	9,24
149	Ried (sud)	18-11-16		8	0,33	
137	Puits Zingg	10- 1-17		7	0,43	
136	» Moser	11- 1-17		6	0,30	
138	» Hess	12- 1-17		8	0,22	
128	» Marti	13- 1-17		3	1,33	
142	» Aerni	15- 1-17		13	0,43	
132	» Frutiger	16- 1-17		7	0,37	
133	» Moser	19- 1-17		7	traces	
134	» Huguenin	22- 1-17		8	0,17	
135	» Hachen	24- 1-17		0	0,27	
152	» Weyeneth	25- 1-17		3	0,68	
131	» Steiner	26- 1-17		7	0,17	
150	» Burri	27- 1-17		5	0,19	
145	» Frutiger	30- 1-17		5	0,25	
130	» Kunzi	2- 2-17		2	traces	
146	» Herr	3- 2-17		4	0,14	
144	» Breitler	7- 2-17		0	traces	
143	» Baumgartner	8- 2-17		1	0,10	
139	Ried (nord)	23- 2-17		4	0,54	
140	Puits Schaffter	26- 2-17		6	0.25	
141	Tilleuls (sud)	2- 3-17		2	0,39	
129	Puits Rohr	12- 5-17		15	0,36	
151	Route de Brügg I	14- 5-17		9	0.36	
148	Route de Brügg II	16- 5-17		2	1,15	

C. *Conclusions.* — Les résultats précédents ne font que corroborer nos conclusions de la page (348). La région du Locle est en moyenne considérablement plus active que celle du Seeland. En effet :

a) La radioactivité moyenne, dans la première région, est de

0,73 . $\overline{10}^{10}$ C/L. tandis qu'elle n'est que de 0,36 . 10^{10} C/L dans la seconde région.

b) 14 sources de la première région (41 $^{0}/_{0}$) ont une activité supérieure à 0,70 . $\overline{10}^{10}$ C/L, tandis que, dans la seconde région, 4 sources (12 $^{0}/_{0}$) sont dans ce cas.

c) 7 sources de la première région (21 $^{0}/_{0}$) ont une activité supérieure à $\overline{10}^{10}$ C/L, alors que, dans la région du Seeland, 2 sources seulement (6 $^{0}/_{0}$) sont dans ce cas.

d) 24 sources de la première région, soit les 70 $^{0}/_{0}$, ont une activité supérieure à 0,40 . $\overline{10}^{10}$ C/L ; 9 sources seulement de la seconde région (28 $^{0}/_{0}$) sont dans ce cas.

Ainsi, en moyenne, les eaux des environs du Locle sont deux fois plus actives que celles qui sont au sud de la ville de Bienne.

VIII. Etude parallèle de deux sources.

A. *Source du Brühl.* — [N° 104, voir les courbes, p. 426]. Cette source se trouve près de la nouvelle gare des marchandises de Bienne, au sud, à quelques mètres du passage sous voie de la route Nidau-Mâche. Quelques mètres plus haut commence un petit plateau de 2-300 mètres de largeur aboutissant à une colline peu élevée. Il est donc probable que les eaux de cette source traversent des couches de terrain peu profondes. Le débit, très variable, semble le confirmer : par les fortes pluies, l'eau coule en abondance, mais en été, il arrive souvent que la source est tarie.

Notre but est de voir :

a) quelles sont les variations de la radioactivité d'une source et si ces variations sont fonction du débit, du temps, de la température.

b) si les variations de deux sources dont les eaux sont prises aux mêmes époques sont parallèles.

Pour rendre la comparaison plus facile, nous avons réuni les courbes se rapportant aux tabelles suivantes qui résument nos recherches dans ce domaine [p. 426 et 427].

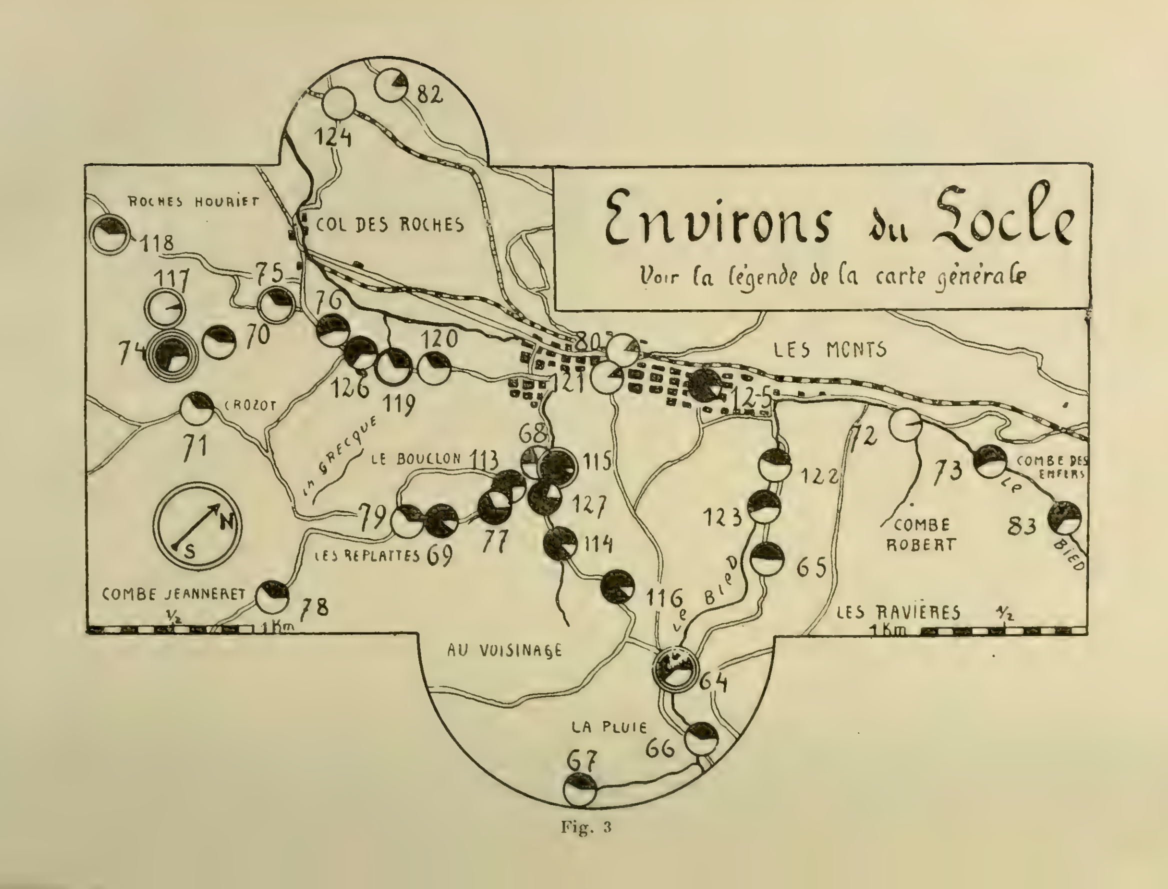

Environs du Locle
Voir la légende de la carte générale
82
124
ROCHES HOURIET
COL DES ROCHES
118
117
75
76
70
74
120
126
119
CROZOT
71
80
121
LES MONTS
125
68
LE BOUCLON 113
115
127
79
77
114
LES REPLATTES 69
COMBE JEANNERET
78
½
1 Km
AU VOISINAGE
116
Le Bied
72
122
123
65
73
COMBE DES ENFERS
Le BIED
83
COMBE ROBERT
LES RAVIÈRES
1 Km
½
64
LA PLUIE
66
67
N
S

Fig. 3

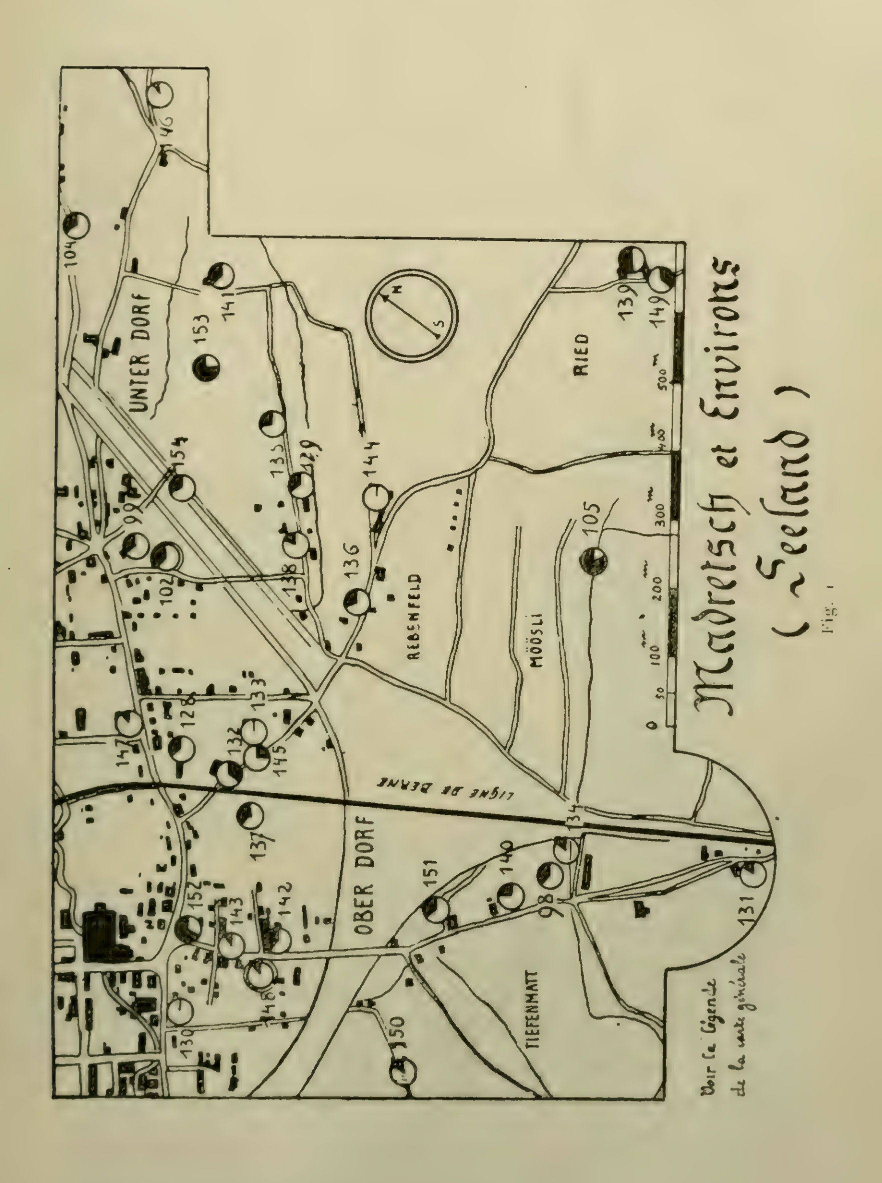

Madretsch et Environs
(Seeland)
UNTER DORF
OBER DORF
REBENFELD
MÖÖSLI
RIED
TIEFENMATT
LIGNE DE BERNE
0 50 100 200 300 400 500 m
Voir la légende
de la carte générale

Fig. 1

Année	Date	Débit	Temp.	Teneur par l	Teneur totale
1914	12 avril	8	11	0.36	2,88
	20 mai	5	10	1,05	5.25
	9 septembre	7	8	0,14	1,28
1915	17 février	5	6	0,07	0,35
	9 mars	12	6	0,38	4,36
	16 mars	8	10	0,44	3,52
	26 mars	7	9	0,25	2,25
	27 avril	6	10	0,37	2,22
	18 juin	0.5	15	0,73	0,36
	24 juillet	0.5	10	0,22	0,11
	17 août	1	13	0,42	0,42
	8 septembre	1	8	0,33	0.33
	26 octobre	0,2	9	traces	traces
	2 décembre	4	9	0,30	1,20
	10 décembre	5	9	0,23	1,15
	17 décembre	2,5	8	0,25	0,63
	26 décembre	5	7	0,31	1,55
1916	5 janvier	4	8	0,09	0,36
	15 janvier	8	9	0,92	7,36
	27 janvier	1,5	10	0,38	0,57
	11 février	4	5	0,52	2,08
	28 février	3	5	0,45	1,35
	23 mars	3	9	0,23	0,69
	9 mai	1	8	0,32	0,32

Par suite de travaux de drainage, et de canalisation, cette source a disparu, et les expériences n'ont pu être poursuivies.

B. *Source du Marais.* — [N° 105, voir les courbes correspondantes, p. 427]. Cette source ne tarit jamais. Elle coule dans une petite vallée, à peu de distance de la précédente (900 m à vol d'oiseau) sur l'autre versant de la colline. 20 m plus haut, se trouve le petit plateau duquel nous avons parlé à propos de la source du Brühl.

Les eaux de ces deux sources proviennent des mêmes terrains. mais celles de la seconde traversent des couches plus profondes.

Résumé des expériences.

Année	Date	Débit	Temp.	Teneur par l	Teneur totale
1914	27 mai	3	11	0,84	2,52
1915	28 janvier	6	9	0,55	3,30
	10 mars	8	3	0,33	2,64
	26 juin	4	15	0,92	3,68
	12 juillet	2	10	0,53	1,06
	26 juillet	3	13	0,47	1,41
	16 août	3	15	0,71	2,13
	28 août	1	13	0,69	0,69
	24 septembre	1	15	0,69	0,69
	23 octobre	0,5	11	0,33	0,16
	1 novembre	4	9	0,42	1,68
	19 novembre	2	10	rien	rien
	27 décembre	8	9	0,15	1,20
1916	5 janvier	9	8	traces	traces
	19 janvier	7	8	1,20	8,40
	8 mars	10	5	0,86	8,60
	3 mai	5	8	0,10	0,50
	2 juin	2	11	0,32	0,64
	26 septembre	2	13	2,02	4,04
	3 octobre	1	13	0,82	0,82
	14 octobre	1	12	0,69	0,69
	4 novembre	10	9	0,36	3,60
1917	24 janvier	3	6	2,72	8,16
	26 mars	23	6	1,70	39,10
	11 avril	15	7	2,10	31,5

Vers la fin d'avril 1917, la source a disparu, par suite de drainage, comme la précédente.

C. Conclusions.

Note historique. — A. Hauser (34) a étudié en 1905 et 1906 les eaux thermales de Teplitz Schönau pour voir si l'on pouvait constater une période dans la radioactivité, ou une influence quelconque de la température et de l'état atmosphérique. Il constate que la radioactivité est constante par rapport à ces différents facteurs.

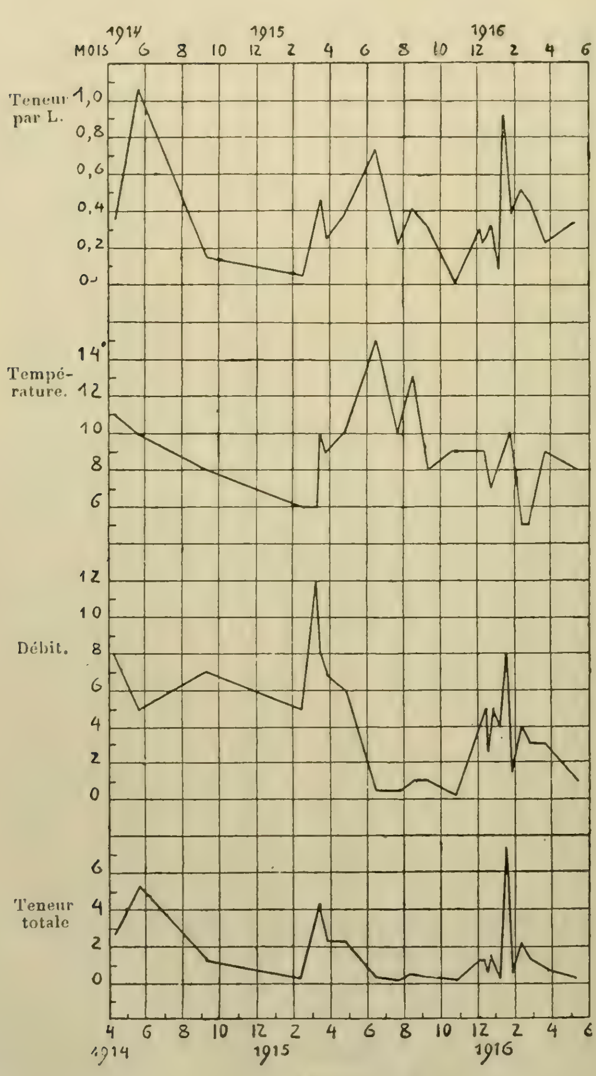


Fig. 5. — Source du Brühl.

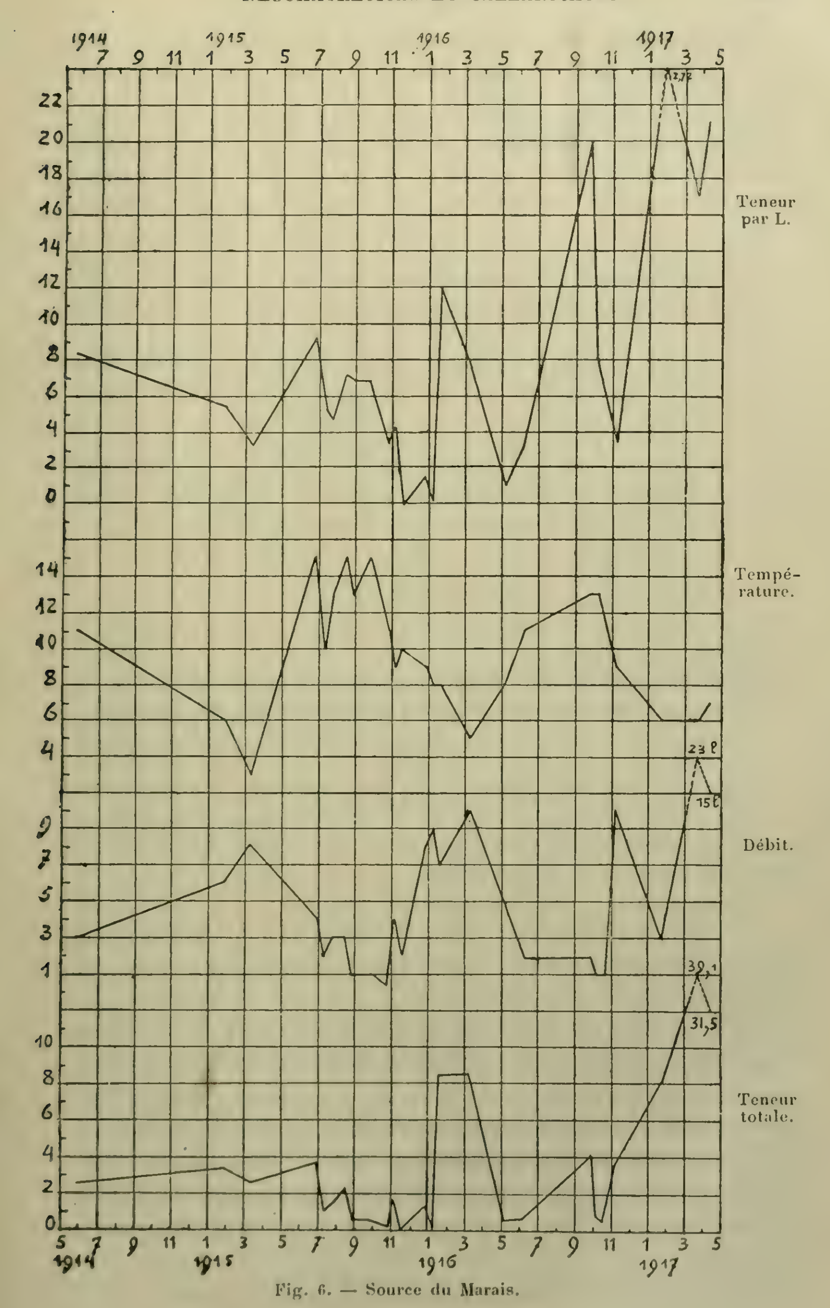


Fig. 6. — Source du Marais.

R. Ramsey (96) a étudié parallèlement, près de Blomington en Indiana, les deux sources de Hottle Spring et Cent Spring, pour se rendre compte des variations de leur radioactivité.

Nous avons construit, pour ces deux sources, les courbes relatives aux températures, aux débits, aux quantités d'émanation par litre, et vérifié ce qui suit :

1° Les courbes qui donnent la quantité d'émanation par litre sont semblables :

a) Il y a, dans la première comme dans la seconde, 4 max.

Ceux de janvier et de juin tombent sur le même jour, tandis que pour ceux de février et de mai, il y a une légère avance pour la source du Cent.

b) Les min. de décembre, janvier, avril, juin, ont lieu en même temps pour les deux sources, tandis que celui de mai présente un retard de quelques jours pour la seconde.

2° Le caractère général des courbes de températures est le même.

a) Jusqu'au 22 janvier, à part le min. du 7 qui a lieu en même temps pour les deux sources, les températures sont plus hautes que dans la suite.

b) En janvier, max. d'émanation, min. de température.

En février,	max.	»	min.	»
En mai,	max.	»	min.	»
En juin,	max.	»	min.	»

3° En comparant les courbes de l'émanation et du débit relatives à la source du Cent, on voit que :

a) Les max. de janvier, février, juin, tombent sur le même jour. En avril, le max. de l'émanation est suivi d'une semaine par celui du débit.

b) Les min. de janvier, février, avril, mai, tombent également sur les mêmes jours.

c) Au max. du débit correspondent donc des min. de températures (2°, *b*).

Voyons maintenant si nous retrouvons les mêmes concordances pour les deux sources que nous avons étudiées.

Source du Brühl et source du Marais. — 1° La comparaison des courbes qui donnent la quantité d'émanation par litre fait voir ce qui suit :

a) Il y a, pour les deux sources, trois grands max., en mai 1914, juin 1915, janvier 1916, et ces max. ont lieu la même semaine.

Les eaux ayant été prises à un ou deux jours d'intervalle, il est probable qu'en réalité, les max. correspondent absolument.

b) Les min. de mars, juillet, novembre 1915 et janvier, mai 1916, de la source du Marais correspondent à ceux de février, juillet, fin octobre 1915, et janvier, fin mars 1916 de la source du Brühl.

On le voit, il y a une analogie frappante entre ces résultats

et ceux de Ramsey. Il semble donc bien que pour des sources voisines, *les max. et les min. d'émanation se produisent en même temps.*

Il resterait à voir, si, pour des sources éloignées, il en est de même.

2° Le caractère général des courbes de température est le même.

a) Les max. ont lieu en juin et août 1915 pour les deux sources; les minimums principaux tombent en mars 1915 et fin février commencement de mars 1916.

b) Les relations entre les quantités d'émanation et les températures sont les suivantes:

1° Pour la source du Brühl:

mai 1914	max. d'émanation,	max. de température
juin 1915	max. »	max. »
janvier 1916	max. »	max. »
février 1915	min. d'émanation,	min. de température
mars	min. »	min. »
juillet	min. »	min. »

Ainsi, pour cette source, il y a correspondance générale entre les *max.* et les *min. d'émanation et de température.*

2° Pour la source du Marais :

juin 1915	max. d'émanation,	max. de température
janvier 1916	max. »	basse »
septembre	max. »	max. »
janvier 1917	max. »	min. »
mars 1915	min. d'émanation,	min. de température
juillet	min. »	min. »

Ainsi, tandis que les résultats sont complètement opposés à ceux de Ramsey, pour la source du Brühl, pour celle du Marais, on retrouve pour trois des plus importants max. la relation qu'il a exprimée.

N'y a-t-il aucune relation entre les teneurs en émanation et les températures, comme le pensent plusieurs auteurs (13, 34, 47, 81), ou ces relations sont-elles particulières à chaque source? Les résultats précédents font pencher en faveur de cette dernière hypothèse.

3° Comparons les quantités d'émanation aux débits:

a) La source du Brühl donne :

mai 1914	max. d'émanation,	min. de débit
juin 1915	max. »	min. »
janvier 1916	max. »	max. »
avril 1914	min. d'émanation,	max. de débit
février 1915	min. »	min. »
octobre	min. »	min. »

De mars à octobre 1915, les allures générales des deux courbes sont inverses l'une de l'autre ; à partir de cette date, jusqu'en avril 1916, elles présentent une grande analogie.

b) La source du Marais donne :

juin 1915	max. d'émanation,	min. de débit
janvier 1916	max. »	max. »
septembre	max. »	min. »
janvier 1917	max. »	min. »
mars 1915	min. d'émanation,	max. de débit
novembre	min. »	min. »
mai 1916	min. »	min. »
novembre	min. »	max. »

Les courbes sont tantôt parallèles, tantôt inverses, et font penser que les résultats de Ramsey ne sont pas généraux.

4° Puisqu'il n'y a pas de relation constante entre l'émanation par litre et le débit, il ne saurait y en avoir entre l'émanation par litre et l'émanation totale. C'est ce que montrent les courbes.

5° Nous n'avons pas davantage trouvé de relation entre la chute des pluies et les quantités d'émanation.

Les quantités de pluie étant entre elles, approximativement, comme :

juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre 1915 ;	janvier 1916
8	19	13	10	5	9	15	9

les quantités d'émanation par litre sont entre elles comme

7	2	4	3	0	3	3	9

et les radioactivités totales comme

35	10	42	33	0	10	70	20

Il est indéniable que la température, le débit[1], la chute des

[1] Nos courbes montrent qu'en général, aux max. de débit correspondent des min. de température et inversement. Cette relation, frappante surtout pour la source du Marais, est celle qui a été trouvée par Ramsey [96].

pluies, les conditions météorologiques, ont une influence considérable sur la radioactivité des eaux. Seulement, toutes ces influences ne sont pas parallèles et simultanées et ne peuvent se traduire par une loi simple.

D'autre part, on ne sait pas combien de temps les eaux restent en terre, quels sont les terrains parcourus, s'il y a eu des mélanges et dans quelle proportion, etc. Les eaux subissant l'influence de ces facteurs, et ceux-ci variant à l'infini pour des sources différentes, il est compréhensible que les variations des quantités d'émanation de deux sources puissent ne pas être les mêmes.

D. *Variations d'activité de quelques sources.* — Nous avons fait une dizaine d'analyses sur les eaux d'une source des environs du Locle (n° 114). Nous les résumons dans le tableau suivant :

Dates	Débit	Temp.	Eman. par l	Eman. totale
21 octobre 1916	35	5	0,56	19,60
22 janvier 1917	7,5	5	0,20	1,50
4 mars	3	5	0,46	1,38
24 mars	2,5	3	0,39	0,97
9 avril	2.5	5	0,80	2,00
25 avril	10	5	0,62	6,20
18 mai	12	7	1,07	12,84
15 juin	7	7	0,67	4,69

En construisant les courbes relatives à cette source, et en les comparant aux courbes correspondantes du Marais, on voit d'emblée qu'il n'y a aucune relation entre les variations des deux sources[1].

Enfin, voici un tableau montrant à différentes époques l'activité de quelques eaux.

[1] Ceci semble prouver que la relation exprimée à la page 429 n'a lieu que pour des sources voisines.

N°	Dates	Débit	Temp.	Eman. par l	Eman. totale
98	13 mai 1914	puits	11	0,42	
	12 février 1915		11	0,13	
	30 mars		12	0,15	
99	14 juillet 1914	puits	10	0,35	
	10 juin 1915		12	0,31	
	11 juin 1916		11	0,73	
115	10 avril 1917	6	5	0,82	4,92
	25 avril	18	6	1,92	34,56
128	13 janvier 1917	puits	3	1,33	
	13 avril		6	0.35	
142	15 janvier 1917	puits	13	0,43	
	9 février		10	0,10	

On le voit, les variations d'activité d'une même source sont considérables, et ceci s'accorde bien avec les résultats de tous les auteurs qui se sont occupés de cette question.

IX. Les eaux contiennent-elles des sels radifères en dissolution ?

Note historique. — En général les eaux ne contiennent pas de sels radifères en dissolution, ou bien n'en contiennent que des quantités infinitésimales.

Les eaux de Gastein, comme l'a prouvé Mache (13) sont dans ce cas ; il en est de même de quelques eaux analysées par Schiffner, en Saxe (55) et de celles de Karlsbad, étudiées par E. Dorn (21).

A Schmidt (25) déclare que certaines eaux du Taunus « semblent » contenir des sels radifères. Leur influence est si faible, qu'il n'est pas possible de se prononcer définitivement.

Quelques sources du Simplon, d'après G. v. d. Borne, contiennent une faible quantité de sels (20). Schmidt et Kurz (38) en ont aussi décelé dans certaines eaux de la Hesse. Joly (3, p. 94) a même indiqué la teneur en radium des eaux du Nil. Il trouve qu'elles contiennent $4{,}2 \,.\, \overline{10}^{12}$ g de Ra par litre. Eve (3, p. 94) trouve que l'eau du Lorenzostrom n'en contient que $0{,}25 \,.\, \overline{10}^{12}$ g par litre.

Le fait que beaucoup de boues et de sédiments pris dans le lit des sources se sont montrés fortement radioactifs prouve que les eaux de ces sources contiennent des sels en dissolution. A. Sokolof (15) qui s'est occupé des eaux de Russie et de leurs dépôts, affirme que la source Elisabethe contient une faible quantité de Radium en dissolution, et que beaucoup de sources ont des boues actives.

Laborde et Lepape (81) ont trouvé que les dépôts ferrugineux des sources de Vichy contiennent de 0,67 . $\overline{10}^9$ à 0,70 . $\overline{10}^9$ *g* de Ra par gr. Mache et S. Meyer (24) arrivent à des résultats analogues par l'étude d'un grand nombre de boues de sources autrichiennes.

Le Dr Baron Blanc (19) a prouvé que les corps radioactifs contenus dans certains sédiments de Savoie sont voisins du Thorium.

Sources neuchâteloises et bernoises. — Plus du 50 °/₀ des secondes analyses, faites un mois au moins après les premières, n'ont donné aucun résultat. Durant toute l'expérience, la chute de l'aiguille était sensiblement égale à la perte à vide. Dans les autres cas, une influence presque toujours très faible se faisait sentir.

Comme des doutes subsistaient, nous avons fait une série d'expériences plus précises par un procédé nouveau. Il consiste à laisser évaporer un grand volume d'eau d'une même source pour le réduire à un litre. Si cette eau contient des sels radifères, leur influence est proportionnelle à la quantité d'eau et doit pouvoir être facilement mesurée par suite de la concentration.

Nous avons traité ainsi les eaux d'une quinzaine de sources en les laissant évaporer dans de grandes cuves de verre. La chute de l'aiguille n'a pas été sensiblement accélérée ; aucune proportionnalité n'a été constatée.

Faut-il en déduire, contrairement à nos premières conclusions[1], que les eaux jurassiennes ne contiennent aucune trace de sels radioactifs ? Au point où en est notre étude, nous pouvons dire avec certitude, que, si ces traces existent, elles sont extrêmement faibles et inférieures à 0,01 . $\overline{10}^{10}$ C/L dans la plupart des cas.

X. Résumé.

1° Dans ces recherches, plus de cent sources et puits ont été analysés dans le Jura neuchâtelois et les régions avoisinantes. Une seule analyse a été faite en général ; cependant quelques sources ont été étudiées d'une façon suivie durant plus de 2 ans.

[1] Compte rendu de la séance de la Société suisse de Physique du 5 mai 1917 : Perret, Radioactivité des eaux du Jura, *Arch. 1917,* vol. 44, p. 68.

2° La radioactivité des eaux neuchâteloises et seelandaises est faible : elle varie entre 0 et $3.5\ \overline{10}^{10}$ C. L. [Chap. VI, p. 336.]

3° L'activité de toutes les sources varie considérablement avec le temps. [p. 432.]

4° L'émanation observée est toujours celle du Radium. (L'émanation du Thorium n'a pas été recherchée.) [p. 342.]

5° Pour des sources différentes, nous n'avons pas trouvé de relation entre la radioactivité et le débit, ou entre la radioactivité et la température. [p. 344.]

6° Les quelques eaux thermales et minérales que nous connaissons ne se montrent pas particulièrement actives. [p. 345.]

7° L'activité des eaux augmente en moyenne d'une façon très apparente lorsqu'on se déplace du S-E au N-W à travers la chaîne du Jura, c'est-à-dire du bord du lac vers la frontière française. Il semble que ce fait puisse être mis en relation avec l'inclinaison de l'infra-structure cristalline, qui se rapproche de la surface lorsqu'on chemine dans la même direction. [p. 346 et 418 et planche I.]

8° L'étude parallèle de deux sources a montré que les max. et min. d'activité se produisent sensiblement en même temps. [p. 429.]

9° Si les eaux contiennent des sels radifères, ce ne peut être qu'en quantité extrêmement faible. [p. 432.]

Ouvrages consultés[1].

N°	Auteurs	Ouvrages
1.	Rutherford,	Radioaktive Substanzen und ihre Strahlungen, Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft.
2.	Mme Curie,	Traité de Radioactivité, Paris, Gauthier-Villars.
3.	A Gockel,	Die Radioaktivität von Boden und Quellen, Verlag von F. Vieweg et Sohn, Brauenschweig 1914.
4.	C. Schiffner,	Radioaktive Wässer in Sachsen, Gratz, Gerlach, éditeurs, Freiberg, 1908.

[1] Ces ouvrages sont classés par ordre chronologique.

Nº	Auteurs	Ouvrages
5.	Weidig,	Radioaktive Wässer in Sachsen, Freiberg, 1912.
6.	Chapsoul et Jaubert,	*C. R.*, 1902, p. 944.
7.	Bumstead et Wheeler,	*Amer. Journal of Science*, 1903.
8.	Elster et Geitel,	*Phys. Zeitschr.*, 1904, 5, p. 321.
9.	A. Gockel,	*Phys. Zeitschr*, 1904, 10, p. 594.
10.	Boltwood,	*Le Radium*, 1904, p 190.
11.	F. Heinrich,	*Wien. Anz.*, 1904, p. 320.
12.	Hermann et Pesendorfer.	*Le Radium*, 1904, p. 206.
13.	Mache,	*Académie Royale des Sc. de Vienne*, 17 nov. 1904.
14.	Vicentiti et Levi di Zara,	*Atti del Reale Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti*, 1904-1905, 44.
15.	A. Sokolof,	*Le Radium*, 1904, p. 237.
16.	R. Strutt,	*Proc. Roy. Soc.*, t. 73, p. 101.
17.	K. Aschoff,	*Zeitschr. f. öff. Chem.* 1905, 11, p. 15.
18.	G. A. Blanc,	*Le Radium*, 1905, p. 58.
19.	Dr Baron Blanc,	*Phil. Mag.*, janvier 1905.
20.	G. von der Born,	*Jahrb. der Radioak. u. Elek.*, Juli 1905
21.	E. Dorn,	*Le Radium*, 1905, p. 57.
22.	Hermann et Pesendorfer,	*Le Radium*, 1905, p. 106.
23.	F. Heinrich,	*Monatschr. f. Chem.*, 1905, 26, p. 149-184.
24.	Mache et Meyer,	*Le Radium*, 1905, p. 273.
25.	A Schmidt,	*Phys. Zeitschr.*, 1905, 6, p. 34-37.
26.	A. Schmidt,	*Phys. Zeitschr.*, 1905, 6, p. 402-406.
27.	B. Szilard,	*Ber. Ungar. Naturw. Ges*, 1905, Budapest.
28.	Waldmann et Szilard,	*Pharm. Post.*, 1905, 38. p. 279-281.
29.	Battelli, Chella, Occhialini,	*Il Nuovo Cimento*, 1906 (2), II, p. 499.
30.	B. Boltwood,	*Journal de Physique*, 1906, p. 219.
31.	J. Casares,	*Chem. B.*, 1906, 39, p. 3783-84.
32.	Diénert,	*C. R.*, 1906, p. 883.
33.	Diénert et Bouguet,	*C. R.*, 1906, p. 449.
34.	A. Hauser,	*Phys. Zeitschr.*, 1906, 7, p. 593-594.
35.	Heinrich,	*Jahrb. d. Radioak. u. Elek.*, 1906, p. 111.
36.	K Koch,	*Phys. Zeitschr.*, 1906, 7, p. 806-807.
37.	José Monoz del Castillo,	*Le Radium*, 1906, p. 143.
38.	Schmidt et Kurz,	*Phys. Zeitschr.*, 1906, 7, p. 209-224.
39.	N. Sahlborn et F. Hinrichsen,	*Chem. Ber.*, 1906, 39, p. 2607-2608.
40.	J. v. Sury,	Dissertation, Fribourg (Suisse), 1906.
41.	M. Bamberger,	*Wien. Ber.*, 1907, 116, p. 1473-1488.
42.	Battelli, Occhialini, Chella,	*Le Radium*, 1907, p. 123.
43.	F. Geitsch,	*Phys. Zeitschr.*, 1907, 8, p. 462.

Nº Auteurs	Ouvrages
44. F. Heinrich,	*Phys. Zeitschr.*, 1907, 8, p. 112-114. *Zeitschr. f. Elektrochem.*, 1907, 13, p. 393-400.
45. Lerez et Muno del Castillo,	*Annales de la Société Espagnole de Phys.*, 1907, X-XI.
46. S. Lœwenthal,	*Phys. Ges.*, 1907, 9, p. 434.
47. A. Brochet,	*C. R.*, 1908, p. 146.
48. Garrigon.	*C. R.*, 1908, p. 146.
49. F. Jentzsch,	*Phys. Zeitschr.*, 1908, 9, p. 120.
50. J. Joly,	*Phil. Mag.*, 1908, 15, p. 385-393.
51. Massol,	*C. R.*, 1908, p. 844.
52. J.-M. del Castillo,	*Arch. Sc. phys. et nat.*, 1908, 25, p. 339-349.
25. K. Reichau,	Dissertation, Halle, 1908.
54. Sarasin, Guye, Micheli,	*Arch. Sc. phys. et nat.*, 1908, 4, p. 25-36.
55. M. Bamberger,	*Wien. Ber.*, 1908, 117, p. 1055-1054.
56. A. Wellig,	*Wien Ber.*, 1908, 117, p. 1191-1226.
57. B. Besson,	*C. R.*, 1908, p. 146.
58. E. Ebler,	*Vehr. d. D. Phys. Ges.*, 1909, 11, p. 526-543.
59. F. Heinrich,	*Zeitschr. f. anorg. Chem.*, 1909, 65, p. 117-135.
60. J. Joly,	*Phil. Mag.*, 1909, 18, p. 396-407.
61. H. Wieprecht,	Dissertation, Halle, 1909, 51 S.
62. Eve,	*Trans. of. the. Roy. Soc.*, 1910, 4, p. 53-54.
63. B. Hesius,	Dissertation, Halle, 1910, 29 S.
64. A. Hurmuzescu et N. Patricin,	*Le Radium*, 1910, p. 31.
65. J. Jansen,	*Le Radium*, 1910, p. 231.
66. M. Levin,	*Phys. Zeitschr.*, 1910, 11, p. 322-324.
67. W. Muller,	*Phys. Zeitschr.*, 1910, 11, p. 545-547.
68. Niederstadt,	*Elektrochem. Zeitschr.*, 1910, 17, p. 219-220.
69. O. Scarpa,	*Gazz. Chem. ital.*, 1910, 40, p. 285-321.
70. A. Schweitzer,	*Arch. Sc. phys. et nat.*, 1909, 27, p. 256-274 ; 1910, 30, p. 46-66.
71. Thorkelson,	*Mémoires de l'Académie royale des Sc. et des Lettres du Danemark*, 1910, Sc., 8, p. 181-264.
72. Danne et Cremieu,	*C. R.*, 1911, p. 944.
73. Ebler et Fellner,	*Zeitschr. f. Anorg. Chemie*, 1911, 27, p. 233-301.
74. P. Mesernitszki.	*Journ. d. russ. phys-chem. Ges.*, 1911, 43, p. 255.

Nº	Auteurs	Ouvrages
75.	O. Pinto,	*C. R. du IIme Congrès internat. de Radiologie*, Bruxelles, 19 novembre 1911.
76.	A. Streichen,	*Jahrb. d. Radioak. u. Elek.*, 1911, p. 564.
77.	M. Weidig,	*Zeitschr. f. öffentliche Chemie*, 1911, 12.
78.	G. Berndt,	*Ann. d. Phys.*, 1912, 38, p. 958-986. *Ann. d. Phys.*, 1912, 39, p. 1072.
79.	Isitani et Yamakawa,	*Proc. Tokyo. Math. Physic. Soc.*, 1912, 6, p. 178.
80.	Knoche,	*C. R.*, 1912, p. 331.
81.	Laborde et Lepape,	*C. R.*, 1912, p. 178.
82.	G. Massol,	*C. R.*, 1912, p. 373.
83.	J. Satterly,	*Le Radium*, 1912, p. 101.
84.	Sanderson,	*Amer. Journal of Sc.*, 1912, 22, p. 169-185.
85.	B. Szilard,	*Jahrb. d. Radioak. u. Elek.*, 1912, p. 982-984.
86.	D. Isitani et Manabe,	*Proc. Tokyo. Math. Phys. Soc.*, 1912, 6, p. 303-312.
87.	R. Swinne,	*Jour. d. russ. phys. chem. Ges.*, 1913, 45 Phys. T, p. 454-460.
88.	Bamberger et Krüse,	*VIme Jahrb. Geol. Rechsanst.*, 1914, 64, p. 189-214.
89.	E. Giurgea,	*Bulletin de l'Académie Roumaine*, 1914, 3, p. 54-61.
90.	D. Isitani,	*Proc. Tok. Math. Phys. Soc.*, 1914, 7, p. 221-225.
91.	S. Ono,	*Proc. Tok. Math. Phys. Soc.*, 1914, 7, p. 412-422.
92.	E. Poulsson,	*Skr. Videnskabsselsk*, Kristiana, 1914, 8.
93.	H. Schmidt,	*Journ. Phys. Chem.*, 1914, 18, p. 662-666.
94.	J. E. Schrader,	*Jahrb. d. Radioak. u. Elek.*, 1914, p. 299.
95.	D. Isitani,	*Proc. Tok. Math. Phys. Soc.*, 1915, 8, p. 15-35.
96.	R. Ramsey,	*Philos. Mag.*, 1915, vol. 30 (6 série), p. 816-818.
97.	R. Ramsey,	*Sill. Journ.*, 1915, 40, p. 309-313.
98.	A. Steichen,	*Phil. Mag.*, 1916, 31, p. 401-403.
99.	P.-B. Perkins,	*B. z. d. Ann. der Phys.*, 1916, 6, p. 184-186.

LES TIRS GRÊLIFUGES

du vignoble de Lavaux (canton de Vaud) ont-ils été efficaces ?

PAR

P.-L. MERCANTON

Le 6 février 1901, la Société vaudoise des Sciences naturelles entendait MM. Jean Dufour et Henri Dufour plaider chaleureusement l'introduction dans le vignoble vaudois de la pratique des tirs grêlifuges, dont l'étranger contait merveilles. Depuis 1896, en effet, sous l'impulsion du bourgmestre de Windisch-Feistritz, M. Stiger, la vieille recette de prévention contre la grêle : décharges d'artillerie, canon et fusée, reprenait faveur dans le monde viticole et faisait, en Autriche-Hongrie, en Italie, en France, une carrière triomphale. Les résultats dépassaient toute espérance : partout où l'on tirait, la grêle se refusait à tomber ou se muait en grêlons « mous et sans force », variété de grêlons qu'ignorent les traités de météorologie, mais dont on retrouve, avec quelle singulière persistance! la mention dans tous les rapports clamant le mérite de procédés grêlifuges quels qu'ils soient, paragrêle, canne, fusée ou niagara. L'enthousiasme était au comble, et d'avoir osé rappeler un peu sceptiquement la fortune, combien brillante aussi, mais combien éphémère, des paragrêles de 1825 valut à la jeunesse de l'auteur de cet article une volée de bois vert, que seul put lui adoucir l'intervention, à ses côtés, du regretté F.-A. Forel.

Quelques années après les tirs grêlifuges étaient relégués à l'arsenal des vieilles pratiques et plus personne ne voulait avoir eu ni la foi, ni surtout garder la responsabilité de les avoir patronnés.

Dans le numéro de mars 1907 de la *Meteorologische Zeitschrift*, un article de J.-M. Pernter : « Das Ende des Wetterschiessens » donnait le coup de grâce aux espoirs du monde scientifique au moins. Prohaska, pour le champ d'expériences de Windisch-Feistriz, Volterra pour celui de Castelfranco-Veneto, concluaient tous deux, dès 1904, à l'absolue faillite des tirs. Il s'agissait pourtant là de deux champs d'essais très vastes, habituellement très grêlés, puissamment armés des meilleurs canons et dont le service était impeccable.

Les essais officiels avec les canons cessèrent, en Autriche comme en Italie, en 1904. Castelfranco fit encore pendant deux ans des expériences méthodiques avec des fusées et des bombes puissantes : elles échouèrent pareillement. Le pessimisme des physiciens ne pouvait cependant vaincre du premier coup la confiance des viticulteurs, et en maint endroit on continua de tirer, mais des fusées, jugées plus efficaces et plus pratiques [1].

Seuls en Suisse, impavides sur ces ruines de tant d'espérances, les patients vignerons de Lavaux restèrent fidèles à leurs tirs. Les territoires viticoles de Cully (94 ha), Epesses (60 ha), Riex (46 ha) ont été défendus de 1901 à 1915 par 25 canons. Grandvaux qui faisait partie depuis le début du même syndicat grêlifuge cessa ses tirs, pour des motifs financiers, dès 1910. Lutry fit usage, dès 1904, pour la protection de l'ensemble de son vignoble (260 ha), de fusées tirées de 7 postes distincts.

On tirait à chaque orage, mais il s'en fallut de beaucoup que les tirs aient été conduits avec une vigueur uniforme et que chaque poste ait toujours été desservi. L'intensité et la généralité du tir dépendaient de l'intensité et surtout de la durée des manifestations orageuses. Beaucoup de petits orages n'ont été que mollement et tardivement attaqués.

Si imparfaite qu'ait été la défense, il n'en reste pas moins que, pendant 13 ans pour les communes du cœur de Lavaux, pendant 10 ans pour Lutry, les tirs n'ont pas cessé. Sans doute une douzaine d'années est un laps de temps bien court pour juger si un procédé d'intervention dans le domaine météorologique

[1] On consultera avec fruit les années 1898 à 1907 de la *Meteorologische Zeitschrift* qui contiennent tout l'essentiel du sujet.

est efficace, mais il n'y a pas d'espoir qu'on puisse appliquer à un vignoble en plein rapport la seule méthode rigoureuse: l'alternance des périodes de tirs avec des périodes d'abstention, et pendant l'une et l'autre période le contrôle serré des chutes de grêle et de leur effet sur le vignoble. Un tel processus, applicable à la rigueur à un champ d'expérience bien doté, ne saurait l'être dans un vignoble en exploitation. Les vignerons ne consentiraient, ni à suspendre les tirs s'ils les jugaient efficaces, ni à en permettre la continuation s'ils les imaginaient nuisibles. Nous devons donc baser notre opinion sur les seules constatations de la pratique actuellement suivie et tirer de l'expérience de Lavaux « telle qu'elle s'est faite » les enseignements qu'elle peut comporter.

La question se scinde en deux autres :

I. A-t-il moins souvent et moins dangereusement grêlé à Lavaux pendant qu'on y tirait? II. Si diminution il y a eu, les tirs en ont-ils le mérite?

Sans doute les vignerons consultés s'accordent à vanter l'efficacité de leur défense; mais nous ne pouvons nous contenter de semblables assertions, forcément partiales. D'autre part, il n'a malheureusement pas été fait de contrôle systématique de la fréquence, de l'intensité, de la durée des chutes de grêle depuis qu'on tire; ni avant, d'ailleurs. Et pourtant il est indispensable de pouvoir comparer à cet égard la période des tirs à celle qui l'a précédée immédiatement. Les seuls documents qui nous paraissent utilisables datent de 1890 au plus tôt. Ce sont les estimations des contrôleurs chargés par les communes d'évaluer les dégâts de la grêle dans les vignes. Ces estimations, colligées par les préfets, sont transmises an Département vaudois de l'Agriculture et publiées annuellement dans la « Statistique agricole du Canton de Vaud » d'où nous avons extrait les documents employés ici.

Il est difficile de se prononcer sur la valeur absolue de ce contrôle des dégâts: on estime la proportion de la récolte détruite par la grêle en fraction de la récolte virtuelle présumée, et on réduit en francs cette évaluation sur la base du prix moyen de la récolte réelle à la vendange. On ne voit guère comment procéder autrement, et le résultat serait irréprochable si la grêle

intervenait seule pour réduire la récolte, et si l'abondance de celle-ci n'influait pas sur son prix. Mais parasites végétaux et animaux ont sur elle une répercussion bien plus importante et générale que la grêle, et le prix résulte de facteurs très divers, de sorte qu'il est aléatoire aussi de calculer la récolte détruite par la grêle à partir de l'estimation en francs des dégâts et du prix d'unité de la récolte.

D'autre part l'estimation se fait-elle toujours de la même manière? et l'équation personnelle des évaluateurs n'intervient-elle pas d'une façon excessive?

Cependant ce sont ces estimations en francs seules que nous pouvons soumettre à l'étude. Nous ne pouvons juger en effet de la diminution ou de l'augmentation des dégâts d'une période à l'autre qu'en comparant, pour ces périodes, les taux des dégâts, à savoir les rapports des quantités détruites à la récolte virtuelle totale.

Cette récolte virtuelle totale se compose de la récolte réelle, plus de toutes les portions estimées détruites de la récolte virtuelle. L'évaluation exacte de la récolte virtuelle totale est impossible. Elle ne peut être même tentée utilement par la statistique, à cause de l'aléa de la réduction des francs aux litres. J'ai donc dû me contenter d'un pis-aller: Evaluer, d'une part, les dégâts en hectolitres sur la base des estimations en francs et du prix de vendange, et substituer, d'autre part, à la récolte virtuelle totale inconnue, la récolte réelle augmentée de la récolte estimée détruite par la grêle. Le rapport de ces deux grandeurs donne une mesure grossière de l'action destructrice des chutes de grêle, mesure d'autant moins bonne que la récolte aura été plus réduite et la part de la grêle plus faible dans sa réduction.

De telles réserves sont si graves qu'elles nous imposeraient l'abandon de cette recherche, si nous ne savions pas toute son utilité pratique et aussi qu'aucun autre moyen meilleur ne peut être mis en l'espèce à notre disposition. « Nécessité n'a pas de loi », et au risque de violer la neutralité scientifique, il faut tenter de franchir l'obstacle récalcitrant.

Voici donc ce qu'on obtient par ce procédé : Taux des dégâts moyens :

	Communes de Cully	Riex	Epesses
1890-1900 (11 ans)	9.8 %	5 1 %	10.3 %
1901-1913 (13 ans)	7.0 %	5.8 %	1.1 %
Différence	— 2.8 %	+ 0.7 %	— 9.2 %

Il y a donc diminution pendant la période des tirs pour Cully et Epesses, légère augmentation pour Riex. Pour Lutry les données vont de 1890 à 1903 (14 ans) et de 1904 à 1913 (10 ans). On obtient :

1890-1903 (14 ans)	9.3 %
1904-1914 (10 ans)	1.5 %
Différence	— 7.8 %

Il était intéressant d'établir les taux moyens pour l'ensemble des surfaces défendues. Je l'ai fait d'abord pour celles des 3 communes qui tiraient du canon, en affectant leurs taux de poids proportionnels à l'étendue de leurs vignobles. J'obtiens ainsi :

1890-1900	8.9 %
1901-1913	4.7 %

La moyenne générale, Lutry compté, devient alors :

Avant les tirs	9.1 %
Durant les tirs	2 9 %
Différence	— 6.2 %

Il y a eu diminution évidente.

Est-elle due au tir? C'est précisément la seconde question. Voyons d'abord si cette diminution n'a pas été générale dans le vignoble. Les taux calculés de la même manière et pour les mêmes périodes, pour le vignoble vaudois entier, sont :

1890-1900	4.6 %
1900-1913	7.4 %
Différence	+ 2.8 %

Il y a donc eu augmentation. Qu'en conclure ?

D'un côté nous voyons à Lavaux le taux des dégâts diminué fortement, de l'autre nous le trouvons en augmentation pour le

vignoble entier. Un croyant à l'efficacité de la canonnade y puisera un aliment des plus toniques pour sa foi, mais cette même divergence mettra le sceptique en défiance. Il admettra plus facilement la possibilité, dans l'apparition des chutes de grêle, de fluctuations de nature purement climatologique, n'ayant rien eu de commun avec les tirs. Evidemment les insuccès de Windisch-Feistritz et de Castelfranco appuient cette manière de voir d'un poids vraiment écrasant. Et cependant, tant qu'on n'aura pas pu appliquer, assez longtemps, la méthode des expériences croisées, le problème restera irrésolu.

En conclusion, tout ce qu'on peut et doit dire des tirs de Lavaux, c'est que leur inefficacité n'est prouvée en aucune mesure et que les vignerons n'avaient aucune raison « scientifique » d'y renoncer. D'autre part, si le remède n'a pas guéri le patient, il ne l'a certes pas mis à mal, et cela réfute au moins les dires de ceux qui, par un revirement bien humain, accusaient déjà les tirs de nuire aux vignes.

En terminant je remercie M. Delarue, du Département Vaudois de l'Agriculture, qui a mis la plus grande complaisance à extraire des statistiques les matériaux de cette étude.

Service météorologique vaudois, mai 1918.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AUX

FORTIFICATIONS DE SAINT-MAURICE
PENDANT L'ANNÉE 1917

RÉSUMÉ ANNUEL

PAR

Raoul GAUTIER
Directeur de l'Observatoire de Genève

ET

Ernest ROD

I. *Introduction.*

Les conditions atmosphériques des forts de Saint-Maurice ont été un peu différentes, en 1917, de celles de Genève et du Grand Saint-Bernard ; il y a cependant des analogies : ainsi, la température moyenne de l'année est aussi plutôt basse, mais cela est dû avant tout aux froids de l'hiver, comme à Genève.

Au point de vue de la pluie, 1917 détient le record de l'humidité à Genève aux XIXe et XXe siècles. Aux forts de St-Maurice 1917, tout en étant plus humide que 1916, 1915 et 1905, l'est moins que 1910 et se place au même niveau que 1914. Du reste l'année civile est sensiblement moins pluvieuse que l'année météorologiques, comme à Genève, à cause de la grande différence entre les deux mois de décembre de 1916 et de 1917.

Il n'y a rien eu de changé, en 1917, aux stations des fortifications de Saint-Maurice. Elles sont toujours au nombre de quatre : *Lavey-village*, *Savatan, Dailly* et *l'Aiguille,* les deux

du milieu étant seules des *stations complètes*. Nous renvoyons donc à ce que nous en disions dans les résumés antérieurs et, en ce qui concerne les corrections des instruments, à celui de l'année 1912.

Nous rappelons seulement que, cette année, comme depuis 1903, nous corrigeons toutes les pressions de Dailly de + 1^{mm}.2 afin de les ramener à ce qu'elles auraient été si le baromètre de la station était resté au bureau de tir, là où il se trouvait depuis l'origine des observations, en décembre 1897, jusqu'en mai 1903.

Le service des observations continue à être confié aux sous-officiers des forts. Nous leur adressons ici nos remerciements pour la manière dont ils s'acquittent de leur tâche. Nous sommes heureux aussi de profiter de cette occasion pour exprimer notre reconnaissance à M. le colonel Grosselin, chef du bureau des fortifications, ainsi qu'à Messieurs les officiers placés sous ses ordres, pour la manière dont le service météorologique a marché en 1917.

La forme de la publication des *observations mensuelles* est restée la même que de 1903 à 1916. Elles sont groupées par saisons. La forme du *résumé annuel* a aussi été maintenue, et nous avons partout calculé les résultats et les moyennes pour l'*année civile,* comme pour l'*année météorologique.*

Les tableaux de ce résumé annuel sont les mêmes que ceux du précédent. Ils portent sur les cinq éléments météorologiques observés aux forts de Saint-Maurice : la *température*, la *pression atmosphérique,* l'*humidité de l'air,* la *nébulosité,* puis la *pluie* et la *neige*. Il s'y ajoute, comme pour les quinze dernières années, quelques petits tableaux supplémentaires relatifs au *brouillard*, à la *persistance de la neige sur le sol,* aux *jours d'orage* et aux cas de *fœhn.*

Enfin, nous y avons joint, depuis 1908, un dernier tableau (XX) comprenant les *écarts* des principaux éléments météorologiques par rapport aux moyennes de dix ans (1898-1907), que nous avons publiées précédemment[1].

Les documents sur lesquels sont basés ces vingt tableaux se

[1] *Arch. 1909*, vol. 28, p. 274.

trouvent, pour la plupart, dans les tableaux mensuels publiés en premier lieu, et il suffira de les accompagner de quelques brèves explications.

II. *Température.*

Les *tableaux I* et *II* fournissent, pour les deux stations de Savatan et de Dailly : 1° les valeurs moyennes des températures des différentes périodes (mois, saisons, année) pour les trois époques diurnes d'observation ; 2° les températures moyennes des mêmes périodes, calculées, comme dans les publications de l'Institut météorologique central suisse[1], sur deux formules différentes : *a*) en prenant la moyenne arithmétique des trois températures moyennes diurnes ; *b*) en attribuant un poids double à l'observation de 9 heures du soir ; ce sont ces dernières moyennes que nous avons employées plus loin ; 3° les valeurs moyennes, pour les mêmes périodes, des températures minima et maxima.

Comme nous le faisions remarquer au début, l'année, dans son ensemble, est plutôt froide, comme à Genève et au Grand Saint-Bernard. Il y a même une sensible différence entre les deux stations de Savatan et de Dailly : A Savatan, *toutes les saisons* ont des températures inférieures à la moyenne (voir tableau XX), tandis qu'à Dailly l'été et l'automne sont à peu près normaux. Il faut dire que, malgré ses températures moyennes assez basses, l'année a été, d'une façon générale, beaucoup meilleure que les médiocres années antérieures.

La différence que nous venons de signaler entre les écarts des deux stations par rapport aux moyennes peut provenir, en partie, du changement de l'emplacement de la station de Savatan, que nous annoncions dans le résumé de 1916, emplacement moins exposé au soleil que l'ancien. Cela peut provenir aussi, partiellement, du fait que les saisons vraiment chaudes se manifestent davantage à Dailly qu'à Savatan, comme cela a été le cas pour l'été de 1911.

Le mois le plus froid a été janvier aux deux stations, ce qui est la règle. Le mois le plus chaud a été juin au lieu de juillet.

[1] *Annalen der schweiz. meteorologischen Zentralanstalt.*

I. TEMPÉRATURE. SAVATAN (689m), 1917

Période	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Temp. moyenne		Min. moyen	Max. moyen
				$\frac{7+1+9}{3}$	$\frac{7+1+2\times9}{4}$		
	°	°	°	°	°	°	°
Décembre 1916	0.28	2.49	0.87	1.21	1.13	–1.3	3.6
Janvier 1917. .	–3.83	–1.38	–3.09	–2.77	–2.85	–4.9	–0.6
Février	–3.90	0.44	–2.35	–1.93	–2.04	–5.1	1.2
Mars.	–0.40	4.23	1.20	1.68	1.56	–2.1	5.7
Avril.	1.95	7.54	4.30	4.60	4.52	0.3	9.3
Mai	11.84	18.16	14.20	14.73	14.60	10.6	19.8
Juin	13.04	21.20	16.28	16.84	16.70	12.0	22.6
Juillet	13.59	20.06	16.14	16.60	16.48	12.4	21.5
Août.	12.43	18.32	14.40	15.05	14.89	10.9	19.8
Septembre. . .	12.42	19.10	15.12	15.55	15.44	11.7	20.2
Octobre	4.61	8.77	5.37	6.25	6.03	3.0	9.9
Novembre . . .	0.50	5.37	2.14	2.67	2.54	–0.7	6.1
Décembre . . .	–4.27	–1.82	–3.70	–3.26	–3.37	–5.7	–0.5
Hiver	–2.43	0.52	–1.50	–1.14	–1.23	–3.7	1.4
Printemps . . .	4.49	10.00	6.59	7.03	6.92	2.9	11.6
Été.	13.02	19.85	15.60	16.15	16.01	11.8	21.3
Automne. . . .	5.83	11.05	7.52	8.13	7.98	4.7	12.0
Année météor.	5.27	10.41	7.10	7.59	7.47	4.0	11.6
» civile. .	4.88	10.04	6.71	7.21	7.08	3.6	11.3

II. TEMPÉRATURE. DAILLY (1253m), 1917.

Période	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Temp. moyenne		Min. moyen	Max. moyen
				$\frac{7+1+9}{3}$	$\frac{7+1+2\times9}{4}$		
	°	°	°	°	°	°	°
Décembre 1916	–0.80	0.95	–0.45	–0.10	–0.19	–3.0	2.4
Janvier 1917. .	–5.10	–3.31	–4.86	–4.42	–4.53	–7.1	–1.9
Février	–3.62	0.21	–2.53	–1.98	–2.11	–5.3	2.0
Mars.	–2.41	0.51	–1.48	–1.12	–1.21	–4.6	2.3
Avril.	–0.58	3.01	0.71	1.05	0.96	–2.4	4.8
Mai	10.38	14.63	11.68	12.23	12.10	8.4	16.2
Juin	12.65	16.89	13.80	14.45	14.29	10.8	18.1
Juillet	12.38	16.37	13.87	14.20	14.12	10.8	17.5
Août.	11.19	15.09	12.55	12.95	12.85	9.5	16.6
Septembre. . .	12.03	17.22	13.79	14.35	14.21	10.8	18.7
Octobre	3.43	6.33	4.00	4.59	4.44	1.1	8.3
Novembre . . .	1.15	4.64	2.02	2.60	2.46	–1.2	6.5
Décembre . . .	–4.38	–1.88	–4.05	–3.44	–3.59	–6.7	–0.7
Hiver	–3.16	–0.75	–2.61	–2.17	–2.28	–5.1	0.8
Printemps . . .	2.50	6.09	3.67	4.09	3.98	0.5	7.8
Été.	12.07	16.11	13.40	13.86	13.74	10.4	17.4
Automne. . . .	5.52	9.36	6.57	7.15	7.01	3.5	11.1
Année météor.	4.27	7.74	5.30	5.77	5.65	2.4	9.3
» civile. .	3.96	7.50	4.99	5.49	5.36	2.1	9.1

A noter encore que le beau mois de septembre a été plus chaud qu'août aux deux stations et même un peu plus chaud que juillet à Dailly. *L'amplitude annuelle* reprend, cette année, une valeur dépassant la moyenne : 19°,55 à Savatan et 18°,82 à Dailly. C'est beaucoup plus qu'en 1916 (13°,0 et 14°,5) et plus qu'en moyenne la différence juillet—janvier (17°,7 et 14°,94).

Les mois les plus froids, au point de vue relatif, sont octobre, avril et janvier à Savatan, janvier, avril et octobre à Dailly pour l'année météorologique. A noter qu'à Savatan, c'est décembre 1917 qui est le mois le plus froid de l'année civile, au double point de vue absolu et relatif. Le mois qui présente le plus fort écart positif est le beau mois de mai.

En comparant les températures des deux stations dans le courant de l'année, on trouve, comme toujours, une *décroissance variable avec l'altitude* suivant les saisons et les mois. Elle est donnée dans le petit tableau suivant. La différence de hauteur des thermomètres est de 564 mètres.

Saison	Décroissance de la température absolue	pour 100 m
	°	°
Hiver	1,05	0,19
Printemps	2,94	0,52
Eté	2,27	0,40
Automne	0,97	0,17

Cette année, comme les deux précédentes, c'est en automne que la décroissance est la moins forte, mais la différence n'est pas grande avec l'hiver. Elle est minimum en février et en novembre où elle est 0°,07 et 0°,08, soit 0°,01 pour 100 mètres. Elle est maximum en avril : 3°,56. soit 0°,63 pour 100 mètres.

Les cas d'*inversion de la température* entre les deux stations sont donnés dans le petit tableau suivant. Ils sont relevés sur les tableaux des températures diurnes des différents mois :

Décembre	1916	6 jours	Juillet	1917	2 jours
Janvier	1917	5 »	Septembre	»	5 »
Février	»	9 »	Octobre	»	4 »
. . . .			Novembre	»	13 »
Mai	»	1 »	Décembre	»	16 »
. . . .					
Année météorol.		45 jours	Année civile		55 jours

Les cas d'inversion de la température se sont présentés en toute saison, même en mai et en juillet, avec un maximum en novembre, puis en décembre 1917. Le total annuel est plus élevé que les trois années précédentes.

Les *tableaux III* et *IV* fournissent, pour les deux stations, le classement des jours de chaque mois et de l'année d'après leurs températures moyennes, ces températures étant groupées entre des limites variant de 5 en 5 degrés, de — 15° à + 25° pour les deux stations. Ils indiquent, en même temps, pour les différents mois et pour l'année, les jours les plus froids et les plus chauds. Il y a eu cette année des jours vraiment froids surtout à Dailly ; et il y a eu aussi des jours avec une température dépassant 20°, non seulement à Savatan, mais aussi à Dailly.

Les *tableaux V* et *VI* donnent les *températures extrêmes* observées à Savatan et à Dailly, ainsi que les indications sur les nombres de jours où le minimum ou le maximum sont restés au-dessous de zéro, ce qui fournit les totaux de *jours de gel* et de *jours de non dégel*. Toutes ces indications ne peuvent être prises sur les tableaux mensuels publiés précédemment, mais elles ont été relevées sur les feuilles des observations originales et sur les feuilles de réduction conservées à l'observatoire de Genève. D'après ces tableaux, l'*amplitude extrême* de la température atteint les valeurs suivantes : 40°,7 pour Savatan et 44°,0 pour Dailly : c'est beaucoup plus que durant les années antérieures, et pour l'année civile les chiffres sont encore supérieurs à cause du très froid mois de décembre 1917.

III. *Pression atmosphérique.*

Les *tableaux VII* et *VIII* donnent, pour Savatan et pour Dailly, les valeurs moyennes de la pression atmosphérique pour les mois, les saisons et l'année météorologique et civile. Ces valeurs moyennes sont les moyennes arithmétiques des pressions moyennes des mêmes périodes prises aux trois époques des observations diurnes. Les colonnes suivantes des tableaux fournissent les différences entre ces moyennes des trois observations diurnes et la moyenne générale de la période.

III. Classement des Températures diurnes. SAVATAN, 1917.

Période	Nombre de jours dont la température est comprise entre ° -15 et -10	° -10 et -5	° -5 et 0	° 0 et +5	° +5 et +10	° +10 et +15	° +15 et +20	° +20 et +25	° +25 et +30	Jour le plus froid	Jour le plus chaud
										°	°
Déc. 1916. .	—	—	11	18	2	—	—	—	—	– 2.7 le 6	6.1 le 26
Janv. 1917 .	—	7	18	2	4	—	—	—	—	– 9.7 le 31	6.4 le 4
Février. . .	—	7	9	12	—	—	—	—	—	– 9.1 les 2 et 3	2.9 les 24 et 26
Mars	—	-	10	18	3	—	—	—	—	– 3.9 le 9	7.2 le 11
Avril	—	—	1	19	8	2	—	—	—	– 0.5 le 3	14.5 le 30
Mai.	—	—	—	—	2	16	12	1	—	9.1 le 8	21.4 le 14
Juin.	—	—	—	—	—	7	21	2	—	12.2 le 23	20.9 le 17
Juillet . . .	—	—	—	—	—	8	19	4	—	11.8 le 9	20.5 le 29
Août	—	—	—	—	—	16	13	2	—	10.1 le 29	20.9 le 23
Septembre .	—	—	—	—	—	13	17	—	—	11.8 le 14	19.1 le 18
Octobre . .	—	—	—	14	12	4	1	—	—	0.4 le 30	15.4 le 3
Novembre .	—	—	3	22	5	—	—	—	—	– 1.9 le 27	7.1 le 7
Décembre .	2	4	21	4	—	—	—	—	—	–11.6 le 28	4.1 le 1
Année mét.	—	14	52	105	36	66	83	9	—	– 9.7 le 31 janv.	21.4 le 14 mai
» civ.	2	18	62	91	34	66	83	9	—	–11.6 le 28 déc.	»

IV. Classement des Températures diurnes. DAILLY, 1917.

Période	Nombre de jours dont la température est comprise entre ° -15 et -10	° -10 et -5	° -5 et 0	° 0 et +5	° +5 et +10	° +10 et +15	° +15 et +20	° +20 et +25	Jour le plus froid	Jour le plus chaud
									°	°
Déc. 1916. .	—	2	14	14	1	—	—	—	– 5.2 le 5	5.4 le 26
Janv. 1917 .	3	12	12	2	2	—	—	—	–12.3 le 31	8.2 le 4
Février. . .	1	6	10	11	—	—	—	—	–11.6 le 1	4.0 le 17
Mars	—	—	20	10	1	—	—	—	– 4.9 le 22	6 3 le 11
Avril	—	—	13	14	2	1	—	—	– 3.4 le 18	10.8 le 30
Mai.	—	—	—	—	6	20	5	—	6.9 le 8	18.6 le 13
Juin.	—	—	—	—	2	15	13	—	9.1 le 23	18.4 le 17
Juillet . . .	—	—	—	—	5	15	9	2	9.0 le 10	20.7 le 15
Août	—	—	—	—	3	22	6	—	8.9 le 29	17.4 le 23
Septembre .	—	—	—	—	1	17	10	2	8.1 le 13	22.0 le 19
Octobre . .	—	—	3	17	7	4	—	—	– 1.9 le 29	14 2 le 2
Novembre .	—	1	6	14	9	—	—	—	– 5.1 le 26	8.1 le 30
Décembre .	3	10	7	11	—	—	—	—	–13.0 le 27	4.3 le 1
Année mét.	4	21	78	82	39	94	43	4	–12.3 le 31 janv.	22.0 le 19 sept.
» civ.	7	29	71	79	38	94	43	4	–13.0 le 27 déc.	»

V. Températures extrêmes. SAVATAN, 1917.

Période	Minimum absolu	Date	Maximum absolu	Date	Nombre de jours	
					Minimum au-dessous de 0°	Maximum au-dessous de 0°
	°		°			
Décem. 1916 .	– 5.2	le 9	8.6	les 26 et 27	22	1
Janvier 1917 .	–12.6	le 31	9.8	le 4	26	19
Février	–13 4	les 1 et 3	7.4	le 26	24	11
Mars	– 9.2	le 9	13.0	le 11	26	—
Avril	– 3.6	le 18	20.2	le 30	17	—
Mai	6.7	le 9	25.8	les 13 et 14	—	—
Juin.	7.8	les 1 et 24	27.2	le 17	—	—
Juillet.	7 4	le 12	27.3	le 29	—	—
Août	5.2	le 27	26.6	le 13	—	—
Septembre . .	7.4	le 14	24.3	le 19	—	—
Octobre . . .	– 2 4	les 30 et 31	19.0	le 2	3	—
Novembre . .	– 4.8	le 27	11 0	le 3	20	2
Décembre. . .	–14.0	le 28	7.2	le 1	30	18
Année météor.	–13.4	les 1 et 3 fév.	27.3	le 29 juillet	138	33
» civile .	–14.0	le 28 déc.	»		146	50

VI. Températures extrêmes. DAILLY, 1917.

Période	Minimum absolu	Date	Maximum absolu	Date	Nombre de jours	
					Minimum au-dessous de 0°	Maximum au-dessous de 0°
	°		°			
Décem. 1916 .	– 7.2	le 20	8.7	le 22	24	12
Janvier 1917 .	–14.2	le 31	15.3	le 4	27	22
Février	–15.0	le 1	7.3	le 16	27	5
Mars	–11.4	le 9	10.7	le 11	29	9
Avril	– 7.7	le 18	15.4	le 30	26	4
Mai	5.0	le 31	23.6	le 13	—	—
Juin.	6.4	le 23	22.4	le 17	—	—
Juillet.	6.4	le 12	25.0	le 15	—	—
Août	6.5	le 27	23.5	le 23	—	—
Septembre . .	5.3	le 14	29.0	le 19	—	—
Octobre. . . .	– 4.7	le 30	18.9	le 2	13	—
Novembre . .	– 8.1	le 27	12 5	le 3	18	2
Décembre . .	–15.9	le 28	7.6	le 11	28	15
Année météor.	–15.0	le 1er fév.	29.0	le 19 sept.	164	54
» civile. .	–15.9	le 28 déc.	»		168	57

On ne peut naturellement pas, au moyen de ces trois données, déduire la courbe de la *variation diurne* de la pression atmosphérique, mais on peut cependant constater une différence assez sensible dans l'allure des oscillations diurnes des deux baromètres placés à des altitudes différant de 564mm,75.

Si l'on suit la *variation annuelle* de la pression atmosphérique par les valeurs des pressions moyennes des mois, on constate cette année plusieurs oscillations barométriques. Après des pressions très basses en décembre 1916 et janvier 1917, minimum absolu, on trouve un premier maximum secondaire en février, et un minimum secondaire accusé en mars. Puis la pression augmente graduellement jusqu'à un maximum assez marqué en juin-juillet, pour redescendre un peu en août et atteindre le maximum absolu en septembre. L'année finit par une oscillation. avec minimum secondaire en octobre, puis hausse en novembre et faible baisse en décembre 1917.

Pour l'année météorologique, la pression est inférieure à la moyenne, plus à Dailly qu'à Savatan, à cause des très basses pressions de l'hiver. Pour l'année civile, la pression est presque normale à Savatan.

Les *tableaux IX* et *X* donnent, pour les deux stations, les valeurs extrêmes de la pression observées chaque mois aux deux baromètres. Comme à Genève, le minimum absolu du 7 mars est encore inférieur au minimum déjà très bas du 18 novembre 1916. Les maxima absolus ne présentent rien de bien extraordinaire, comme en 1916; mais l'amplitude totale est néanmoins très élevée, grâce au minimum du 7 mars.

IV. *Humidité de l'air.*

Les *tableaux XI* et *XII* fournissent, pour Savatan et pour Dailly, et pour les treize mois, les saisons et l'année : d'abord les valeurs moyennes de la fraction de saturation aux heures des trois observations diurnes, puis la valeur de la *fraction de saturation moyenne,* enfin les minima et les maxima absolus. Lorsque le maximum correspond à la *saturation* complète, le nombre des cas de saturation est indiqué. Une dernière colonne fournit, par symétrie avec les tableaux analogues des résumés

VII. Pression atmosphérique. SAVATAN (671m), 1917.

Période	Pression moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.
	mm	mm	mm	mm
Décembre 1916	697.89	+0.18	−0.46	+0.28
Janvier 1917	697.84	+0.03	−0.03	0.00
Février	703.84	−0.18	−0.11	+0.29
Mars	698.69	+0.16	−0.44	+0.28
Avril	701.97	+0.11	−0.11	0.00
Mai	703.33	+0.29	−0.28	−0.01
Juin	706.46	+0.43	−0.39	−0.04
Juillet	706.21	+0.10	−0.29	+0.19
Août	703.81	+0.17	−0.17	0.00
Septembre	707.83	+0.27	−0.41	+0 14
Octobre	703.09	+0.05	−0.35	+0.30
Novembre	707.44	+0.15	−0.26	+0 11
Décembre	704.80	+0.15	−0.13	−0.02
Hiver	699.73	+0.01	−0.20	+0.19
Printemps	701.32	+0.19	−0.28	+0.09
Été	705.48	+0.23	−0 28	+0.05
Automne	706 09	+0.15	−0.34	+0.19
Année météorologique	703.16	+0.15	−0.28	+0.13
Année civile	703.75	+0.15	−0.25	+0.10

VIII. Pression atmosphérique. DAILLY (1236m), 1917.

Période	Pression moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.
	mm	mm	mm	mm
Décembre 1916	649.62	+0.07	−0.20	+0.13
Janvier 1917	649.48	+0.01	+0.21	−0.22
Février	654.38	−0.16	+0.07	+0.09
Mars	650.43	+0.07	+0.08	−0.15
Avril	654.28	−0.32	+0.20	+0.12
Mai	657.84	−0.04	−0.04	+0.08
Juin	661 45	+0.11	−0 04	−0.07
Juillet	661.28	0.00	−0.07	+0.07
Août	658.76	+0.12	−0.15	+0.03
Septembre	662.90	+0.01	−0.17	+0.16
Octobre	656.35	+0.05	−0.11	+0.06
Novembre	659.79	+0.10	−0.03	−0.07
Décembre	656.34	+0.14	+0.21	−0.35
Hiver	651.05	−0.02	+0.02	0.00
Printemps	654.18	−0.09	+0.08	+0.01
Été	660.49	+0.07	−0.08	+0.01
Automne	659.64	+0.05	−0.10	+0.05
Année météorologique	656.36	0.00	−0.02	+0.02
» civile	656.93	+0.01	+0.01	−0.02

IX. Pressions extrêmes. SAVATAN, 1917.

Période	Minimum	Maximum	Amplitude
	mm	mm	mm
Décembre 1916. . .	683.2 le 13	713.4 le 29	30.2
Janvier 1917	684.0 le 16	712.3 le 1	28.3
Février	694.9 le 3	711.2 le 25	16.3
Mars	674.2 le 7	716.9 le 17	42.7
Avril	694.9 le 15	709.6 le 26	14.7
Mai	694.8 le 20	711.2 le 25	16.4
Juin	698.8 le 20	712.3 le 3	13.5
Juillet.	697.1 le 31	710.9 le 12	13.8
Août	695.0 le 28	709.2 le 17	14.2
Septembre	701.4 le 6	711.9 le 21	10.5
Octobre.	691.4 le 28	711.2 le 21	19.8
Novembre.	692.2 le 10	716.2 le 19	24.0
Décembre.	692.3 le 17	717.5 le 6	25.2
Année météorolog. .	674.2 le 7 mars	716.9 le 17 mars	42.7
Année civile	»	717.5 le 6 déc.	43.3

X. Pressions extrêmes. DAILLY, 1917.

Période	Minimum	Maximum	Amplitude
	mm	mm	mm
Décembre 1916. . .	637.5 le 12	665.3 le 29	27.8
Janvier 1917	635.7 le 16	663.6 le 1	27.9
Février	644.3 le 4	661.1 le 24	16.8
Mars	628.7 le 7	667.3 le 17	38.6
Avril	647.9 le 2	661.3 le 26	13.4
Mai	652.0 le 20	664.6 le 25	12.6
Juin.	655.7 le 20	665.5 le 3	9.8
Juillet.	653.7 le 31	666.6 le 12	12.9
Août	652.8 le 28	663.9 le 25	11.1
Septembre	658.2 les 6 et 12	666.7 le 19	8.5
Octobre.	641.9 le 28	664.5 le 1	22.6
Novembre	643.9 le 11	667.3 le 19	23.4
Décembre.	645.6 le 17	667.3 le 6	21.7
Année météorolog. .	628.7 le 7 mars	667.3 les 17 mars et 19 nov.	38.6
Année civile	»	» les 17 mars, 19 nv., 6 dc.	38.6

pour Genève et le Grand St-Bernard, la *fréquence relative de la saturation*.

En 1917, grâce à la réparation définitive de l'hygromètre de Dailly, on peut recommencer à comparer l'humidité des deux stations. A Savatan, la fraction de saturation moyenne est un peu plus élevée que les trois années précédentes, ce qui ne doit

XI. Fraction de saturation en %. SAVATAN (689^m), 1917.

Période	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moy.	Minim. absolu	Maximum absolu	Fréquen. relative de la saturation
Décem. 1916	83	72	86	80	28	100 30 fois	0.323
Janvier 1917	88	76	84	83	35	100 26 »	0.279
Février . . .	78	62	79	73	28	100 13 »	0.155
Mars.	77	56	73	69	27	100 17 »	0.183
Avril.	76	53	65	65	20	100 16 »	0.178
Mai	75	56	64	65	32	100 19 »	0.204
Juin	88	51	67	69	30	100 14 »	0.156
Juillet	90	58	71	73	35	100 24 »	0.259
Août	87	62	79	76	30	100 21 »	0.226
Septembre. .	81	57	73	70	33	100 12 »	0.133
Octobre . . .	89	67	89	82	33	100 33 »	0.355
Novembre . .	77	59	81	72	29	100 14 »	0 156
Décembre . .	80	72	78	77	27	100 23 »	0.247
Hiver	83	70	83	79	28	100 69 fois	0.256
Printemps . .	76	55	67	66	20	100 52 »	0.188
Été.	88	57	72	73	30	100 59 »	0.214
Automne. . .	82	61	81	75	29	100 59 »	0.216
Année météo.	83	61	76	73	20	100 239 fois	0.218
Année civile.	82	61	75	73	20	100 232 »	0.212

XII. Fraction de saturation en %. DAILLY (1253^m), 1917.

Période	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moy.	Minim. absolu	Maximum absolu	Fréquen. relative de la saturation
Décem. 1916	74	69	75	73	34	100 21 fois	0.226
Janvier 1917	78	78	80	79	23	100 21 »	0.226
Février . . .	64	55	59	59	20	100 8 »	0.095
Mars.	79	69	73	74	30	100 20 »	0 215
Avril.	77	63	69	70	27	100 11 »	0.122
Mai	66	59	62	62	32	100 7 »	0.075
Juin	68	60	64	64	34	100 5 »	0.056
Juillet	77	65	69	70	21	100 3 »	0.032
Août	71	64	68	68	34	100 3 »	0.032
Septembre. .	67	52	57	59	21	100 2 »	0.022
Octobre . . .	73	67	73	71	31	100 13 »	0.140
Novembre . .	60	55	59	58	24	100 9 »	0.100
Décembre . .	67	61	62	63	23	100 9 »	0.097
Hiver	72	68	72	71	20	100 50 fois	0.185
Printemps . .	74	64	68	69	27	100 38 »	0.138
Été.	72	63	67	67	21	100 11 »	0.040
Automne . .	67	58	63	63	21	100 24 »	0.088
Année météo.	71	63	68	67	20	100 123 fois	0.112
Année civile.	71	62	66	67	20	100 111 «	0.101

pas étonner, vu l'humidité de l'année. A Dailly, la fraction de saturation est un peu plus faible qu'à la station inférieure, ce qui est le cas en général.

Le mois le plus humide est janvier aux deux stations. Octobre est presque aussi humide à Savatan. Les mois les plus secs sont avril et mai à Savatan, l'un très froid, l'autre très chaud relativement. A Dailly ce sont les mois clairs de novembre, septembre et février.

Il n'y a pas eu de grande sécheresse de l'air. Quant aux cas de saturation, ils sont moins fréquents à Dailly qu'à Savatan. D'ailleurs il y en a eu plus qu'en 1915 et qu'en 1916.

V. *Nébulosité.*

Dans le *tableau XIII,* la *nébulosité,* aux trois stations où elle est observée, est indiquée de deux manières différentes : 1° par les nombres de jours *clairs, peu nuageux, très nuageux* et *couverts,* ces désignations correspondant aux valeurs moyennes de la nébulosité diurne comprises entre les limites : 0,0 et 2,5 2,5 et 5,0, 5,0 et 7,5, 7,5 et 10,0 : 2° par la valeur moyenne de la nébulosité de chaque période, ces valeurs moyennes étant d'ailleurs déduites des valeurs de la nébulosité des différents jours, fournies par les tableaux mensuels.

La nébulosité a été moins élevée qu'en 1916 et qu'en 1915, mais elle dépasse encore la moyenne, surtout à cause des mois d'hiver. Mais il y a eu de beaux mois clairs au printemps, en juin, puis en septembre et en novembre, et c'est ce qui a donné à l'année 1917 son caractère supérieur à ceux des années antérieures. (Voir au tableau XX.)

Le *tableau XIV* donne la statistique des *jours de brouillard* aux quatre stations. Les nombres qui y figurent comprennent les jours où le brouillard a été noté pendant une partie de la journée ou pendant tout le jour. Ce dernier cas n'a d'ailleurs été observé, cette année, que 2 fois à Lavey, 3 fois à Savatan, en décembre 1916, puis 1 fois à Dailly et à l'Aiguille en janvier 1917. Si l'on compare les quatre stations entre elles, on trouve que le nombre de jours de brouillard est faible à Lavey au fond de la vallée, puis augmente dès Savatan. Il y a de nouveau peu de

XIII. Nébulosité, 1917.

Période	LAVEY					SAVATAN					DAILLY				
	Jours clairs	Jours peu nuageux	Jours très nuageux	Jours couverts	Nébulosité moy.	Jours clairs	Jours peu nuageux	Jours très nuageux	Jours couverts	Nébulosité moy.	Jours clairs	Jours peu nuageux	Jours très nuageux	Jours couverts	Nébulosité moy.
Décem. 1916	2	3	7	19	7.7	2	5	8	16	7.3	2	4	10	15	7.0
Janvier 1917	5	7	3	16	6.4	7	6	4	14	6.3	5	5	8	13	6.3
Février . . .	7	5	5	11	5.6	8	5	6	9	5.3	11	8	6	3	4.0
Mars. . . .	8	2	7	14	6.2	6	4	6	15	6.4	4	7	5	15	6.3
Avril	9	2	5	14	5.9	6	4	9	11	5.9	9	4	6	11	5.6
Mai	6	7	6	12	5.9	5	10	4	12	5.5	8	5	8	10	5.4
Juin	9	9	4	8	4.8	9	10	7	4	4.4	10	10	5	5	4.4
Juillet	12	6	1	12	4.8	12	3	8	8	4.6	11	7	4	9	4.6
Août	8	6	10	7	5.0	7	7	10	7	5.3	7	10	7	7	4.9
Septembre.	16	10	3	1	2.6	15	8	6	1	3.1	16	10	3	1	2.9
Octobre . . .	5	2	8	16	6.5	6	4	7	14	6.4	6	9	6	10	5.6
Novembre . .	13	5	9	3	3.6	14	4	7	5	3.9	14	8	4	4	3.6
Décembre .	8	3	4	16	6.5	7	5	8	11	5.8	12	4	5	10	5.0
Hiver . . .	14	15	15	46	6.6	17	16	18	39	6.3	18	17	24	31	5.8
Printemps . .	23	11	18	40	6.0	17	18	19	38	6.0	21	16	19	36	5.8
Été.	29	21	15	27	4.9	28	20	25	19	4.8	28	27	16	21	4.6
Automne. . .	34	17	20	20	4.3	35	16	20	20	4.5	36	27	13	15	4.0
Année météo	100	64	68	133	5.4	97	70	82	116	5.4	103	87	72	103	5.0
Année civile	106	64	65	130	5.3	102	70	82	111	5.3	113	87	67	98	4.9

cas de brouillard, comme de 1913 à 1916, et le nombre maximum a été noté cette année à Dailly.

VI. *Pluie et neige.*

Le *tableau XV* contient le relevé de tout ce qui concerne les précipitations atmosphériques dans leur ensemble, hauteur d'eau tombée et nombre de jours de précipitations, d'après les chiffres des tableaux mensuels.

1913 avait été à peu près normale, comme hauteur de pluie, d'après la moyenne de dix ans. Elle suivait une année pluvieuse. 1912, qui suivait elle-même une année plutôt sèche, 1911 ; 1914 a été de nouveau très pluvieuse, quoique moins que 1910 qui détient, à St-Maurice, le record de l'humidité. 1915 a été plus pluvieuse que 1913, mais moins que 1912 et 1914. Enfin 1916 était presque aussi pluvieuse que 1914 et dépassait 1912. L'année météorologique 1917 est plus pluvieuse que 1916 et se rapproche sensiblement de 1914.

Comme cela doit être le cas à la montagne, la hauteur de pluie croît avec la hauteur, avec minimum à Lavey ; mais le maximum est à Dailly, quoiqu'il n'y ait qu'une différence insensible entre cette station et celle de l'Aiguille.

Le mois le plus sec, au double point de vue absolu et relatif, est le mois de février. Le mois le plus humide, aux deux points de vue aussi, est le mois d'octobre.

Le *nombre de jours de pluie* est élevé cette année, plus même qu'en 1916. On trouve d'ailleurs pour lui, et sauf de petites oscillations entre les stations inférieures et les stations supérieures, une augmentation à mesure que l'on monte. Mais si l'on néglige, pour les quatre stations de St-Maurice, comme pour Genève et le Grand St-Bernard, les jours où il est tombé moins d'un millimètre d'eau, on trouve, pour les jours de pluie bien caractérisée, les chiffres suivants qui ne dénotent qu'une insensible augmentation de fréquence avec l'altitude, à l'exception de ceux du Grand St-Bernard, chiffres qui, dans l'ensemble, sont assez semblables à ceux de 1912 à 1916.

XIV. Nombre de jours de brouillard en 1917.

Période	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille
Décembre 1916	3	7	1	1
Janvier 1917	2	1	7	5
Février	1	3	5	4
Mars	1	1	4	4
Avril	1	2	4	4
Mai	2	4	5	5
Juin	0	1	0	0
Juillet	0	0	0	0
Août	0	0	4	4
Septembre	0	0	1	1
Octobre	0	2	1	1
Novembre	2	1	3	3
Décembre	1	7	4	3
Année météorologique	12	22	35	32
Année civile	10	22	38	34

XV. Précipitations atmosphériques dans l'année 1917.

Période	Hauteur d'eau tombée en mm				Nombre de jours de précipitations			
	Lavey mm	Savatan mm	Dailly mm	Aiguille mm	Lavey (430m)	Savatan (689m)	Dailly (1250m)	Aiguille (1446m)
Déc. 1916	138.8	159.1	144.0	146.1	16	20	18	18
Janv. 1917	34.2	35.8	42.0	44.5	11	14	18	18
Février	3.2	3.8	3.4	4.3	3	3	7	7
Mars	122.9	125.6	134.9	135.5	15	13	20	20
Avril	94.6	93.5	129.5	128.2	17	16	19	19
Mai	56.3	72.1	74.9	73.1	12	11	15	15
Juin	86.4	100.9	108.3	107.0	13	18	18	18
Juillet	168 7	180.3	203.3	201.9	13	14	14	14
Août	108.3	117 8	140.8	137.9	16	15	20	20
Septembre	68.8	58.6	64.0	63.5	7	7	7	7
Octobre	185.0	202.0	228.4	226.6	18	18	18	18
Novembre	109.0	112.6	122.7	121.7	9	8	10	10
Décembre	18.5	26.8	28.7	28.6	5	8	8	8
Hiver	176.2	198.7	189 4	194.9	30	37	43	43
Printemps	273.8	291.2	339.3	336.8	44	40	54	54
Eté	363.4	399.0	452.4	446.8	42	47	52	52
Automne	362.8	373.2	415.1	411.8	34	33	35	35
Année mét.	1176.2	1262.1	1396.2	1390.3	150	157	184	184
Année civile	1055.9	1129.8	1280.9	1272.8	139	145	174	174

Station Altitude	Genève (406m)	Lavey (430m)	Savatan (689m)	Dailly (1250m)	Aiguille (1446m)	St-Bernard (2476)
Année météorol.	128	129	135	135	136	154
Année civile	115	117	125	126	127	145

Le *tableau XVI* donne les totaux des hauteurs de neige mesurées aux quatre stations. ainsi que les nombres de jours de neige. Comme il est naturel ici, la quantité de neige croît régulièrement avec la hauteur ; il y en a eu plus, pour toutes les stations, qu'en 1915-1916 et par conséquent qu'en 1914-1915. Mais l'hiver 1916-1917 n'a pas été, dans le Valais, aussi caractérisé comme *hiver à neige* qu'à Genève.

La neige a fait sa dernière apparition en avril aux quatre stations ; mai en a été affranchi partout, grâce à sa haute température. Elle a reparu en octobre aux deux stations supérieures. en novembre aux deux inférieures.

La *persistance de la neige sur le sol* est donnée dans le *tableau XVII*. Il y a eu beaucoup plus de jours, en 1917 qu'en 1916, où la neige a séjourné sur le sol. La plus longue durée de persistance a été à cheval sur les mois de janvier et de février. Elle compte 40 jours à Lavey et à Savatan, 49 jours à Dailly et 50 à l'Aiguille.

Le nombre des *jours d'orage* observés aux forts est donné par le petit *tableau XVIII*, qui comprend ceux qui ont été notés à l'une ou à l'autre des quatre stations. Les mois de mai à août ayant été ou chauds ou pluvieux, il y en a sensiblement plus que les années précédentes, surtout plus qu'en 1916, année dont l'été a été froid.

Les observations du *fœhn* ont continué en 1917 aux quatre stations. Les indications des observateurs correspondent à des coups de vent violents venant du sud-est, accompagnés d'une hausse de la température et d'une diminution de la valeur de la fraction de saturation. Nous les avons classés par mois et par stations, et les chiffres sont donnés au *tableau XIX*. Les nombres de ce tableau sont très inférieurs à ceux des trois années précédentes. C'est en mai seulement qu'on en a compté 2 cas.

XVI. Neige dans l'année 1917.

Période	Hauteur de neige en centimètres				Nombre de jours de neige			
	Lavey cm	Savatan cm	Dailly cm	Aiguille cm	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille
Décembre 1916	18	66	85	92	5	9	11	11
Janvier 1917 . .	33	42	46	51	7	9	14	15
Février.	3	3	6	8	2	2	5	6
Mars	8	33	105	114	3	7	18	18
Avril	7	39	105	106	4	5	17	17
. . . .	..	...	...	...	..	..	..	..
Octobre	—	—	47	52	—	—	6	6
Novembre . . .	7	25	49	52	2	3	6	6
Décembre . . .	26	41	49	52	5	7	8	8
Hiver.	54	111	137	151	14	20	30	32
Printemps . . .	15	72	210	220	7	12	35	35
Eté	..	..	...	...	..	.	..	..
Automne	7	25	96	104	2	3	12	12
Année météor.	76	208	443	475	23	35	77	79
Année civile . .	84	183	407	435	23	33	74	76

XVII. Nombre de jours ou la neige a persisté sur le sol en 1917.

Période	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille
Décembre 1916.	5	9	29	30
Janvier 1917	24	24	26	26
Février	16	16	25	26
Mars	6	6	24	26
Avril . . . . , ...	2	3	21	28
. . . .	..	..	..	...
Octobre.	—	—	7	11
Novembre	1	4	17	19
Décembre.	12	15	25	28
Année météorologique . .	54	62	149	166
Année civile	61	68	145	164

XVIII. Jours d'orages en 1917.

. . . .		
Mai 1917	1	
Juin	8	
Juillet	6	(1 avec grêle)
Août	2	
Septembre	1	
Octobre	1	
. . . .		
Année météorologique et civile	19	dont 1 avec grêle

XIX. Nombre de jours de fœhn en 1917.

Période	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille
Décembre 1916	1	1	1	1
Janvier 1917	—	—	—	—
Février	—	—	—	—
Mars	1	1	—	—
Avril	1	1	1	1
Mai	2	2	2	2
Juin	—	—	—	—
Juillet	1	1	1	1
Août	—	—	—	—
Septembre	—	—	—	—
Octobre	—	—	—	—
Novembre	—	—	—	—
Décembre	—	—	—	—
Année météorologique . .	6	6	5	5
Année civile	5	5	4	4

VII. *Ecarts.*

Le *tableau XX* contient le relevé des écarts entre les chiffres des tableaux I, II, VII, VIII, XIII et XV et ceux des tableaux I, III, V, VI et VII des « moyennes de dix ans pour les éléments

XX. Ecarts de 1917 par rapport aux moyennes de 10 ans (1898-1907).

Période	Température		Pression atmosphérique		Nébulosité			Précipitations: Hauteur d'eau tombée				Précipitations: Nombre de jours			
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille
	°	°	mm	mm				mm	mm	mm	mm				
Décemb. 1916.	+0.90	+0.30	−6.19	−7.01	+2.6	+2.3	+2.5	+ 80.1	+100 7	+ 80.2	+ 91.1	+6	+11	+ 7	+ 7
Janvier 1917. .	−2.88	−4.09	−9.09	−9.71	+1.4	+1.7	+2.0	− 27.1	− 23.8	− 22.7	− 10.8	+2	+ 4	+ 6	+ 6
Février.	−2.65	−0.78	+1 67	−0.26	+0.4	+0.3	−1.0	− 62.6	− 62.2	− 63.1	− 46.5	−7	− 8	− 5	− 5
Mars.	−2.08	−1.87	−3.14	−4.40	+0 8	+1.2	+1.2	+ 48.1	+ 55.7	+ 56.7	+ 71.8	+3	+ 1	+ 6	+ 7
Avril.	−3.25	−3.29	+0.34	−1.01	−0.2	+0.2	−0 3	− 0.7	− 0.6	+ 18.0	+ 43.8	+2	+ 1	+ 2	+ 2
Mai.	+3.07	+4.07	+0.66	+0.97	+0.5	+0.2	−0.1	− 18.1	− 3.7	− 10.1	+ 0.9	−3	− 3	− 1	0
Juin	+1.30	+2.46	+2.62	+2 53	−0.3	−0.7	−0.6	+ 2 2	+ 15.7	+ 10.6	+ 19.4	0	+ 5	+ 3	+ 3
Juillet	−1.44	−0 33	+0.75	+0.87	+0.5	+0.5	+0.5	+ 74.8	+ 84.0	+ 94 6	+103.3	0	+ 1	− 1	0
Août	−2.56	−1 50	−2.00	−1 93	+0.9	+1 6	+1.2	− 4 1	+ 3.3	+ 16.0	+ 23.0	+3	+ 3	+ 7	+ 7
Septembre. . .	+1.09	+2.78	+2.34	+2.98	−2.2	−1 3	−1.7	+ 0.6	− 11.7	− 20.9	− 15.4	−4	− 4	− 5	− 5
Octobre	−3.35	−2.63	−0.71	−1.13	+1 0	+1 0	+0.4	+104.3	+118 8	+136.9	+148.7	+6	+ 5	+ 3	+ 3
Novembre . . .	−1.75	−0.34	+3.80	+3.05	−1.9	−1.5	−1.2	+ 56 9	+ 60.2	+ 67 2	+ 81.3	−2	− 2	− 1	0
Décembre . . .	−3.60	−3.10	+0.72	−0.29	+1.4	+0.8	+0.5	− 40.2	− 31 6	− 35.1	− 26.4	−5	− 1	− 3	− 3
Hiver.	−1.51	−1.54	−4.73	−5.84	—	—	—	− 9.6	+ 14.7	− 5.6	+ 33.8	+1	+ 7	+ 8	+ 8
Printemps . . .	−0.73	−0.33	−0.73	−1 48	—	—	—	+ 29.3	+ 51.4	+ 64.6	+116.5	+2	− 1	+ 7	+ 9
Eté.	−0.93	+0.18	+0.42	+0.47	—	—	—	+ 72.9	+103.0	+121.2	+145.7	+3	+ 9	+ 9	+10
Automne. . . .	−1.36	−0.09	+1.78	+1.60	—	—	—	+161.8	+167.3	+183.2	+214.6	0	− 1	− 3	− 2
Année météor.	−1.13	−0.44	−0.81	−1.29	+0.3	+0.5	+0 2	+254 4	+336 4	+363 4	+510.6	+6	+14	+21	+25
Année civile. .	−1.52	−0.74	−0.18	−0.70	+0.2	+0.4	+0.1	+127.4	+196.9	+237.4	+384 1	−6	+ 1	+10	+15

météorologiques observés aux fortifications de Saint-Maurice [1] ». Ces écarts ont été déterminés pour la température et la pression atmosphérique à Savatan et à Dailly, pour la nébulosité aux trois stations inférieures et pour les précipitations atmosphériques aux quatre stations.

Ce tableau donne donc, en chiffres et plus en détail, quelques-unes des indications qui sont fournies dans le texte des paragraphes précédents. Nous rappelons que les moyennes auxquelles nous avons rapporté les observations de 1917 comme celles de 1908 à 1916, ne sont que des moyennes de *dix années ;* les écarts que nous donnons n'ont donc qu'une valeur relative et sont loin d'avoir une signification absolue.

Remarque finale. — Comme l'année 1917 clôt une seconde période de dix ans d'observations météorologiques aux forts de St-Maurice, nous préparons une nouvelle série de « Moyennes de 10 et de 20 ans pour les éléments météorologiques observés aux fortifications de St-Maurice ». Ces moyennes paraîtront prochainement dans les *Archives des Sciences physiques et naturelles.*

[1] *Arch. 1909,* vol. 28, p. 274.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

DES TRAVAUX DE CHIMIE FAITS EN SUISSE

1917

Octobre

157. Ackermann (Ed.). Nouvelle contribution à l'analyse du lait. Genève. — *Annales ch. anal.* **22**. 152.

158. Amann. Quelques réactions d'Abderhalden. Lausanne. — *Revue méd. de la Suisse romande* **37**. 617.

159. Bange (Edmond Eugène). Sur la méthode de Lawrence-Smith pour le dosage des alcalis dans les silicates. *Thèse*. Genève (Prof. Duparc.)

160. Baur (Emil). Ueber die Photolyse der Uranylsalze. Zürich. — *Vierteljahrsschr. der naturf. Ges. in Zürich* **62**. 201.

161. Blechschmidt (Alfred). Ueber α- und β-Cinensäure. *Dissert.* Basel (Prof. Rupe).

162. Bonhôte (Jacques). Détermination de minimes quantités d'arsenic dans les matières organiques. *Thèse*. Neuchâtel (Prof. Billeter).

163. Bouvier (Maurice). La nature chimique de la houille. Genève. — *Revue gén. des mat. colorantes* **21**. 117.

164. Braendli (Walter). Ueber 3,6- und 4,5-Dioxyphtalsäurerhodamine. *Dissert.* Zürich (Prof. Ceresole).

165. Dhéré (Ch.), Baudoux (L.) et Schneider (A.). Sur la cristallisation de l'hémochromogène acide. Fribourg. — *Comptes rendus* **165**. 515.

166. Fellenberg (Th. von). Versuche zur Bestimmung von Kartoffeln in Kartoffelbrot. Bern. Lab. des schweiz. Gesundheitsamtes. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **8**. 203.

167. Feyer (Josef). Die elektrolytische Chloroform-Darstellung. *Dissert.* Zürich (Prof. Baur).

168. FRENKIEL (Mateusz). Studien über die Dampfspannungen in der Benzolreihe. *Dissert.* Freiburg (Prof. v. Estreicher).

169. GASSMANN (Th.). Ueber eine Selendioxydoxalsäureverbindung, ihre Darstellung und theoretische Bedeutung. Zürich. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **100**. 209.

170. GUYE (Ph. A.) et MOLES (E.). Contribution à l'étude des causes d'erreur affectant les déterminations de poids atomiques. Les actions de surface, causes d'erreurs dans les pesées. Genève. Lab. de ch. phys. de l'Univ. — *J. ch. phys.* **15**. 360. 405.

171. HERZFELD (E.) und KLINGER (R.). Studien zur Chemie der Eiweisskörper. Die Eiweissfraktionen des Blutplasmas. Zur Theorie der Bakterien-Agglutination. Zürich. Chem. Lab. der med. Klinik und Hygien. Inst. der Univ. — *Biochem. Zeitschr.* **83**. 228.

172. JAEGER (Alphons Otto). Ueber optisch aktive Kohlenwasserstoffe aus Citronellal. *Dissert.* Basel. (Prof. Rupe).

173. KAISER (Otto). Sur quelques hydrocarbures contenus dans la houille. *Thèse.* Genève (Prof. Pictet).

174. KOHLSCHÜTTER (Volkmar). Die Erscheinungsformen der Materie (Leipzig) Bern.

175. KORNBLUM (Isaac). Ueber Komplexverbindungen mit Schwefeldioxyd. *Dissert.* Bern (Prof. Ephraim).

176. KRUMMENACHER (E.). Zwei Destillierapparate zur Herstellung grösserer Mengen chemisch reiner Säuren im Laboratorium. Basel. Anorg. Abt. der chem. Anstalt. — *Schweiz. Chem.-Zeitung* **1**. 116.

177. MAECHLING (Charles). Zur Konstitution der Diazoanhydride. *Dissert.* Zürich (Prof. Staudinger).

178. MOLES (E.). Les révisions des poids atomiques en 1916. Genève. Lab. de ch. phys. de l'Univ. — *J. ch. phys.* **15**. 433.

179. MURRAY (Wallace Jennings). Contribution à la révision du poids atomique du brome. Détermination de la densité normale du gaz acide bromhydrique. Genève. Lab. de ch. phys. de l'Univ. — *J. ch. phys.* **15**. 334.

180. PFEIFFER (P.) und NEGREANU (P. A.). Zur Sulfurierung der Chalkone (Beitrag zur Kenntnis intramolekularer Oxoniumsalz-Bildung). Zürich. Chem. Inst. der Univ. — *Berichte* **50**. 1465.

181. REICH (S.). Contribution à la question de l'empêchement stérique. Genève. Lab. de ch. org. de l'Univ. — *Bull. de la Soc. chimique* **21**. 217.

182. REICH (S.) et MOREL (P.). Nitration de l'acide benzoylformique.

Genève. Lab. de ch. org. de l'Univ. — *Bull. de la Soc. chimique* **21**. 225.

183. Reimann (Clarence Kenworthy). Contribution à la révision du poids atomique du brome. Détermination de la densité normale du gaz acide bromhydrique. Genève. Lab. de ch. phys. de l'Univ. — *J. ch. phys.* **15**. 293.

184. Rupe (H.). Ueber Methylencampher und einige seiner Derivate. Basel. Chem. Anstalt der Univ. — *Verh. der naturf. Ges. in Basel* **28**. 500.

185. Rupe (H.) und Blechschmidt (A.). Ueber α- und β-Cinensäure. Basel. — *J. prakt. Ch.* **96**. 59.

186. Schaffer (F.). Gutachten über die Verwendung frischer Kartoffeln bei der Brotbereitung. Bern. Lab. des schweiz. Gesundheitsamtes. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **8**. 212.

187. Tunmann (O.). Zur Kenntnis der Capsella Bursa pastoris. Bern. — *Apotheker-Zeitung* **32**. 549.

188. Weinhagen (Albert B.). Beiträge zur Kenntnis einiger pflanzlicher und tierischer Fette und Wachsarten. Ueber das Fett der Reiskleie. Zürich. Agr.-chem. Lab. der Techn. Hochschule. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **100**. 159.

189. Werner (A.). Ueber Spiegelbildisomerie bei Platinverbindungen. Zürich. Chem. Lab. der Univ. — *Vierteljahrsschr. der naturf. Ges. in Zürich* **62**. 553.

190. Wilkoszewski (Bogumil de). Etude agrologique sur plusieurs composés fertilisants ou anticryptogamiques employés en agriculture. Châtelaine (Genève). Lab. cant. de ch. agricole. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **44**. 165. 256 et *Thèse*. Genève (Prof. Monnier).

191. Winterstein (E.) und Weinhagen (A. B.). Beiträge zur Kenntnis der Nikotinsäurederivate. Zürich. Agr.-chem. Lab. der Techn. Hochschule. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **100**. 170.

Novembre

192. Conzetti (Achille). Ueber 1,4-Chloroxy-anthrachinon. Dissert. Zürich (Prof. Ceresole).

193. Dubsky (J. V.). Mikro-Elementaranalyse organischer Substanzen. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Berichte* **50**. 1709.

194. Dubsky (J. V.). Elektrische Verbrennungsöfen für die Mikro-Elementaranalyse. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Schweiz. Chem.-Zeitung* **1**. 108 und *Berichte* **50**. 1713.

195. Dubsky (J. V.) und Gränacher (Ch.). Zur Kenntnis der Diketopiperazine. Versuche zur Darstellung des 3.5-Diketo-4-phenyl-hexahydro-1.4-diazins. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Berichte* **50**. 1686.

196. Dubsky (J. V.) und Gränacher (Ch.). Zur Kenntnis der Diketopiperazine. Die Einwirkung von Anilin auf den Imino-diessigsäure-ester. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Berichte* **50**. 1692.

197. Dubsky (J. V.) und Gränacher (Ch.). Zur Kenntnis der Diketopiperazine. Die Einwirkung von Brom-acetamid auf Glykokollanilid. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Berichte* **50**. 1701.

198. Dubsky (J. V.) und Spritzmann (M.). Die Salzbildung der Nitroso-, Nitro- und Phenyliminodiessigsäure. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *J. prakt. Ch.* **96**. 105.

199. Dubsky (J. V.) und Spritzmann (M.). Die Affinitätsabsättigung der Kupfersalze der Iminosäuren. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *J. prakt. Ch.* **96**. 112.

200. Emmanuel (Emm. J.). Recherche pharmacochimique de la racine de Rumex pulcher L. — *J. suisse de pharm.* **55**. 626.

201. Gaule (Alice). Beiträge zur Kenntnis aliphatischer Diazoverbindungen. *Dissert.* Zürich (Prof. Staudinger).

202. Kaufmann (Adolf) und Dürst (Niclaus). Zur Synthese von Isochinolin-Derivaten. Beitrag zur Konstitution der Morphium-Alkaloide. Genf. Univ. Lab. für org. Ch. — *Berichte* **50**. 1630.

203. Kaufmann (Adolf) und Zeller (Otto). Ueber Nitro-amino-chinoline. Genf. Univ. Lab. für organ. Ch. — *Berichte* **50**. 1626.

204. Kehrmann (F.) und Boubis (A.). Zur Kenntnis des Phenazoxoniums und seiner einfachsten Derivate. Lausanne. Org. Lab. der Univ. — *Berichte* **50**. 1662.

205. Kehrmann (F.) und Sandoz (Maurice). Ueber die Spektren der einfachsten Azoxin-Farbstoffe. Lausanne. Org. Univ.-Lab. — *Berichte* **50**. 1667.

206. Kehrmann (F.) und Sandoz (M.). Neue ergänzende Beobachtungen über die Absorptions-Spektren der einfachsten Azthionium-Verbindungen. Lausanne. Org. Lab. der Univ. — *Berichte* **50**. 1673.

207. Kehrmann (F.) und Sandoz (M.). Absorptions-Spektra der einsäurigen Salze von Phenyl-Derivaten des 3.6-Diaminophenazoxoniums. Lausanne. Org. Lab. der Univ. — *Berichte* **50**. 1682.

208. Lifschitz (J.) und Kritzmann (Léon). Ueber Farbisomerie und Salzbildung bei Imido-violursäuren. Zürich. Chem. Lab. der Univ. — *Berichte* **50**. 1719.

209. Milmann (Sewulun). Der Einfluss der Wertigkeit auf die Stärke der Nebenvalenzbindung. *Dissert.* Bern (Prof. Ephraim).

210. Schneider (Kurt). Kritische Studien über die Methoden zur Bestimmung des Reduktionswertes von Zinkstaub. *Dissert.* Zürich (Prof. Treadwell).

211. Stettbacher (Alfred). Chemische Sprengstoffmöglichkeiten. Zürich. — *Zeitschr. angew. Ch.* **30**. 269.

212. Tunmann (O.). Ueber einen neuen Körper in von Pilzen befallenen Hyssopuspflanzen. Bern. — *Pharm. Post* **50**. 773.

213. Vegezzi (Guglielmo). Recherches sur quelques pigments des Invertébrés : hélicorubine, hépatochlorophylle, tétronérythrine. *Thèse.* Fribourg (Prof. Dhéré).

214. Waser (Rudolf). Ueber die Bestimmung des Glycerins in Seifen und Seifenunterlaugen. *Dissert.* Zürich (Prof. Bosshard).

215. Wuhrmann (Adolf). Untersuchungen über die Beeinflussung des Pigment bildenden Oxydationsfermentes (Dopaoxydase) der Meerschweinchenhaut durch physikalische und chemische Einwirkungen. *Dissert.* Basel (Prof. Bloch).

Décembre

216. Bader (Marcel). Contribution à l'étude du phènomène de la teinture. *Thèse.* Lausanne (Prof. Pelet).

217. Duboux (Marcel). Nouvelles méthodes de détermination de la concentration des ions H dans les liquides acides. Application aux vins. Lausanne. Lab. de ch. phys. de l'Univ. — *J. ch. phys.* **15**. 473.

218. Ducrey (Eugène). Ueber den Nachweis des pigmentbildenden Oxydationsfermentes im Hautbrei und in Hautextrakten. *Dissert.* Basel (Prof. Bloch).

219. Guye (Ph. A.). Sur la nécessité d'apporter une nouvelle correction au poids atomique de l'argent. Genève. Lab. de ch. phys. de l'Univ. — *J. ch. phys.* **15**. 549.

220. Guye (Ph. A.). Sur les variations de la densité de l'air et la loi Loomis-Morley. Genève. Lab. de ch. phys. de l'Univ. — *J. ch. phys.* **15**. 561.

221. Hempel (Stanislas). Action auxochromique du groupe amino dans les colorants azoïques. *Thèse.* Lausanne (Prof. Kehrmann).

222. Jenner (Friedrich Wilhelm). Ueber die Salzbildung bei Nitrokörpern. *Dissert.* Zürich (Dr Lifschitz).

223. Kehrmann (F.). Ueber die Natur der ringförmigen Chinon-

imidfarbstoffen. Lausanne. Organ. Lab. der Univ. — *Annalen* **414**. 131.

224. Macalik (Basil). Neue Ortho-Isomerie der Amidoazokörper in der Naphtalinreihe. *Dissert.* Zürich (Prof. Ceresole).

225. Müller (F.). Theoretische Kapitel der allgemeinen Chemie. 2. Aufl. Zürich.

226. Müller (Felix). Chemische und metallographische Untersuchung prähistorischer Metallfunde. *Dissert.* Basel (Prof. Rupe).

227. Muntwyler (Otto). Ueber die Einwirkung von Diazoessigester auf ungesättigte Verbindungen. *Diss.* Zürich (Prof. Staudinger).

228. Ostertag (Georg). Acenaphtenon, seine Darstellung und einige Derivate. *Dissert.* Basel (Prof. Rupe).

229. Panchaud. Die Untersuchung der Milch kranker Kühe. Genf. — *Molkerei-Zeitung* **27**. 373.

230. Peter (Leonore). Ueber Harnsäurebestimmungen im normalen und im pathologischen Blut. *Dissert.* Zürich (Dr Herzfeld).

231. Renard (Th.). Sur les variations de la table internationale des poids atomiques. Genève. — *J. ch. phys.* **15**. 541.

232. Reutter de Rosemont (L.). Traité de chimie médico-pharmaceutique et toxicologique (Paris) Genève.

233. Reutter de Rosemont (L.). Contribution à l'étude des combinaisons de la para-phénétidine. Genève. — *J. suisse de pharm.* **55**. 692.

234. Schoop (M. U.). Zur Theorie meines Metallspritzverfahrens. Zürich. — *Chem.-Zeitung* **41**. 866.

235. Siegwart (Jos.). Ueber Thiobenzoylchlorid und Einwirkung von schwefelhaltigen Verbindungen auf Diazokörper. *Dissert.* Zürich (Prof. Staudinger).

236. Stuckgold (M.). Solubilité et dissociation de quelques électrolytes dans l'éthyluréthane. Genève. Lab. de ch. phys. de l'Univ. — *J. ch. phys.* **15**. 502.

237. Tchertkoff (J.). Le dosage de la créatinine dans le sang. Lausanne. Clinique méd. — *Revue méd. de la Suisse rom.* **37**. 748.

238. Wild (Samuel). Ueber einige Phenoläther der Zimtsäurereihe. Ueber Verbindungen mit der optisch aktiven Amylgruppe. *Dissert.* Basel (Prof. Rupe).

239. Wirth (Hans). Die Bestimmung von Harzsäuren in Seifen. *Dissert.* Zürich (Prof. Bosshard).

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

MAI 1918

Les 2 et 3, rosée le matin.
le 5, petite pluie de 12 h. à 17 h., à 19 h. et 22 h.
7, petite pluie de 9 à 11 h., de 16 à 20 h. et dans la nuit.
11, orage à l'est à 17 h. 30, pluie dans la nuit.
12, pluie de 20 à 22 h. et dans la nuit.
13, pluie dans la nuit.
14, pluie de 7 h. 30 à 10 h. 20.
17, orage à l'ouest à 15 h., halo et couronne lunaire à 20 h. 45.
18, orage à l'ouest à 16 h.
19, halo et couronne lunaire à 21 h., quelques éclairs au sud.
20, nombreux éclairs sur tout l'horizon. *La dernière tache de neige a disparu sur le Salève.*
21, orage au sud à 16 h. 45, à l'est et au nord à 17 h. 30 et au zénit à 17 h. 45; pluie de 20 h. 20 à 21 h. 30. On signale quelques chutes de grêle, notamment à Carouge et au Grand-Saconnex.
les 26 et 27, forte bise toute la journée.
28 et 29, violente bise.
le 29, halo solaire à 9 h. 30.
les 30 et 31, forte bise depuis 12 h.

Remarques. — 1° La nébulosité du mois est très faible, 3,6. Ce n'est pas un record, car mai 1871 avait le chiffre encore inférieur de 3,4. Mais mai 1918 vient tout de suite après. Avec mai 1848 qui avait 3,8, ce sont les trois seuls mois de mai dont la nébulosité soit inférieure à 4,2 (1868).

2° La durée d'insolation est aussi très élevée : 262 h. à l'ancien héliographe et 305 h. au nouveau. Mais, ici encore, ce n'est pas un record : mai 1909 accusant 276 h. et 326 h. aux deux mêmes appareils.

GENÈVE — MAI 1918

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 ½	13 ½	21 ½	Dominant	V. moy. km/h.	Nébulosité 7 ½	13 ½	21 ½	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nomb. d'heur.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h.	mm	
1	29.2	30.7	32.2	30.03	+ 6.08	27.3	32.5	SE 0	NE 1	NNE 1	NNE 1	2.1	3	9	0	3	8.5	....	....
2	32.9	31.6	30.5	**31.70**	+ **6.72**	30.2	**33.0**	NNE 0	NNE 1	NNE 0	NNE 1	4.6	0	0	0	0	12.1	....	....
3	30.3	28.0	26.6	28.58	+ 3.56	26.3	30.5	SW 0	NNW 1	NNE 1	calme	1.1	0	8	0	4	9.3	....	....
4	27.3	25.2	24.2	25.52	+ 0.46	23.4	27.3	W 0	NNE 1	S 0	calme	0.8	7	9	10	7	7.3	....	...
5	23.0	22.2	22.0	22.62	− 2.48	21.6	24.2	NNE 1	W 0	W 0	calme	0.7	9	10	10	10	0.7	2.2	6
6	21.5	18.9	15.7	19.27	− 5.87	15.5	22.1	NE 1	NNE 0	SW 0	calme	1.2	9	9	5	7	1.4	....	....
7	15.5	15.6	18.4	**16.54**	− **8.64**	**15.1**	20.2	SE 0	NNE 0	SSW 1	calme	1.6	8	10	8	9	1.4	3.8	**8**
8	20.6	22.4	23.0	21.65	− 3.57	20.2	23.4	SW 0	SW 2	SW 1	SSW 1	2.8	9	9	7	9	1.2	....	....
9	22.7	21.2	20.1	21.60	− 3.66	20.0	23.4	SW 0	NNE 1	NNE 1	calme	1.1	2	2	0	3	10.3	....	....
10	20.3	19.9	21.1	20.23	− 5.08	19.4	21.8	NNE 0	NNE 1	NNE 1	NNE 1	2.7	0	1	0	1	13.7	....	....
11	22.5	22.2	23.2	22.23	− 3.12	21.1	23.6	SSW 0	SSW 1	SW 1	SSW 1	5.4	9	2	0	6	8.6	0.6	2
12	24.5	24.3	25.1	24.25	− 1.14	23.4	25.5	SSW 1	SW 1	SSW 1	SSW 1	8.9	7	9	10	7	9.0	3.7	4
13	24.6	22.9	21.7	23.30	− 2.14	21.2	25.4	NNE 0	SSW 1	SSW 1	SSW 1	2.4	9	3	7	5	9.6	1.8	3
14	23.0	24.3	25.7	23.96	− 1.52	21.8	25.8	N 1	SSW 1	NNE 1	var.	3.5	10	2	0	5	5.4	**4.3**	3
15	25.5	24.4	25.0	25.02	− 0.51	23.9	26.0	SE 1	NNE 1	NNE 0	NNE 1	2.6	0	3	3	3	12.2	....	....
16	26.8	25.7	25.9	26.00	+ 0.43	24.7	27.0	SW 0	NNE 1	NNW 0	NNE 1	2.8	0	0	0	0	13.5	....	....
17	27.0	25.5	26.1	26.21	+ 0.59	25.0	27.2	NW 0	NNE 1	NNE 1	calme	1.0	0	1	0	1	14.0	. ..	....
18	27.8	26.9	27.9	27.25	+ 1.59	26.3	28.6	NNW 1	NNE 1	NNE 1	var.	2.3	0	8	0	4	8.4	....	....
19	29.9	29.3	29.6	29.22	+ 3.51	28.3	30.1	NE 1	NNW 1	NNE 0	NNE 1	2.2	0	1	1	2	14.0	....	....
20	31.4	30.1	30.6	30.38	+ 4.63	29.0	31.6	NNE 0	NNE 1	SSW 1	calme	1.3	0	1	7	2	14.0	....	....
21	31.1	29.8	30.9	30.53	+ 4.73	28.4	32.2	SSW 0	NNE 1	SW 1	NNE 1	2.7	0	1	10	5	9.7	0.9	1
22	32.2	31.0	30.6	31.25	+ 5.41	29.8	32.4	E 0	NNE 1	SW 0	calme	0.9	0	1	0	0	14.2	....	...
23	32.1	31.3	32.2	31.66	+ 5.77	30.6	32.8	E 1	SW 1	W 0	SSW 1	3.6	0	1	9	2	13.8	...	....
24	31.4	29.5	29.6	30.48	+ 4.55	28.8	32.6	SSW 1	SSW 1	SSW 1	SSW 1	5.2	9	1	0	2	11.8	....	....
25	29.4	28.3	27.3	28.61	+ 2.63	26.9	30.1	NW 0	NNE 1	NNE 1	NNE 1	7.7	9	1	0	3	8.3	....	....
26	27.0	25.1	26.0	26.23	+ 0.21	24.4	27.8	SSE 0	NNE 1	NNE 1	NNE 1	12.9	0	7	9	6	9.5	...	...
27	26.8	26.6	28.4	27.04	+ 0.97	26.3	29.1	N 1	NNE 2	NNE 3	NNE 2	22.6	9	1	0	2	8.6	....	....
28	29.4	29.1	29.0	29.21	+ 3.10	28.5	30.1	NNE 3	NNE 3	NNE 3	NNE 3	**40.7**	0	0	0	0	**14.3**	....	....
29	28.4	28.1	28.4	28.26	+ 2.10	27.5	28.9	NNE 1	NNE 3	NNE 2	NNE 3	30.8	2	2	0	1	13.1	....	...
30	30.2	29.8	30.3	29.79	+ 3.59	28.9	31.0	N 1	N 1	NNE 2	NNE 1	11.8	0	4	0	2	12.8	....	....
31	31.2	30.7	30.6	30.79	+ 4.54	29.5	31.6	SSE 0	NNW 1	NNE 2	NNE 1	12.6	0	0	0	0	14.2	....	....
Mois	26.96	26.16	26.45	26.43	+ 1.19							6.54	3.6	3.7	3.1	3.6	304.9	17.3	27

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en 0/0							Tempér. du Rhône		Limnimètre
	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Midi	Ecart av. la norm.	
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm
1	8.7	12.2	10.4	**10.94**	-0.12	7.0	15.8	91	80	80	78	+ 9	53	92	10.4	+0.3	930
2	8.2	14.4	12.4	11.13	-0.08	5.4	17.2	88	63	75	75	+ 6	49	90	10.7	+0.5	940
3	10.0	16.2	13.5	11.89	+0.54	5.5	17.3	80	56	72	73	+ 4	50	90	11.3	+1.0	930
4	12.6	14.8	15.2	14.00	+2.51	9.3	18.9	66	60	66	66	- 4	50	88	11.8	+1.4	940
5	12.2	16.6	12.9	13.99	+2.35	12.0	18.3	81	63	87	73	+ 3	48	90	—	—	975
6	11.4	16.4	15.0	13.80	+2.02	10.8	17.8	96	69	79	**85**	**+15**	65	97	12.3	+1.6	1015
7	12.4	13.8	11.8	12.79	+0.86	11.0	17.7	85	97	74	83	+13	68	**98**	12.2	+1.4	995
8	10.8	12.4	12.2	11.82	-0.25	8.8	15.3	73	69	71	69	- 1	57	76	9.6	-1.3	1035
9	10.8	16.3	13.0	12.87	+0.66	7.5	17.8	84	50	76	70	0	46	89	—	—	1075
10	11.5	18.6	15.0	14.55	+2.19	8.0	20.4	75	50	66	64	- 6	31	88	10.3	-0.8	1060
11	13.3	22.7	14.2	15.94	+3.44	11.8	23.2	87	33	74	69	- 1	32	92	12.3	+1.1	1075
12	12.1	18.0	12.6	14.30	+1.66	10.3	19.4	66	43	75	60	-10	35	93	—	—	1085
13	11.7	19.0	14.8	14.55	+1.77	9.7	20.5	81	38	60	64	- 6	34	89	8.3	-3.2	1105
14	8.8	15.1	9.6	11.34	**-1.58**	8.8	17.4	97	51	86	75	+ 5	42	97	8.0	-3.6	1080
15	10.0	15.4	13.8	11.79	-1.28	**5.0**	17.0	83	57	76	74	+ 4	50	91	8.5	-3.2	1115
16	12.6	17.4	14.5	13.97	+9.76	8.2	23.2	81	63	76	75	+ 5	41	90	9.0	-2.8	1125
17	12.0	22.2	17.0	16.16	+2.81	9.0	22.8	80	48	72	67	- 3	39	92	11.3	-0.6	1125
18	14.2	22.2	15.8	16.39	+2.90	10.5	24.5	76	48	71	69	- 1	46	94	12.8	+0.7	1140
19	13.4	21.8	19.0	17.24	+3.62	11.0	23.5	82	50	51	64	- 6	45	88	—	—	1165
20	15.0	21.8	21.2	18.46	+4.70	11.8	24.6	78	50	53	59	-11	32	84	15.5	+3.2	1190
21	16.0	24.4	19.0	18.57	+4.67	13.0	24.9	76	45	66	67	- 3	41	86	15.3	+2.9	1210
22	15.0	20.2	19.4	17.90	+3.87	11.3	24.8	77	63	61	66	- 4	34	91	14.8	+2.3	1200
23	16.5	25.1	19.3	**19.94**	**+5.77**	13.0	**26.8**	67	39	67	57	-13	**21**	82	16.5	+3.8	1210
24	16.4	22.4	15.1	18.06	+3.76	13.5	23.7	73	36	54	56	-14	29	80	15.3	+2.5	1215
25	13.4	17.0	15.2	14.89	+0.45	11.3	19.4	73	55	66	62	- 8	40	79	15.3	+2.4	1245
26	13.5	19.8	15.8	15.66	+1.09	9.0	21.3	74	51	62	63	- 7	47	83	—	—	1235
27	13.7	18.8	14.7	15.58	+0.88	12.5	21.1	77	41	50	59	-11	38	81	16.1	+3.0	1260
28	11.8	15.5	13.2	13.48	-1.35	9.8	16.9	52	36	45	44	-26	27	53	15.8	+2.6	1290
29	11.8	18.0	13.5	14.38	-0.58	9.5	18.8	56	27	52	**43**	**-27**	25	58	15.1	+1.7	1260
30	12.0	17.9	16.2	14.67	-0.42	8.0	20.8	64	45	46	52	-18	28	70	15.6	+2.1	1210
31	13.5	20.4	17.2	15.64	+0.43	8.0	21.4	59	40	41	51	-19	35	76	15.8	+2.2	1205
Mois	12.43	18.28	14.92	14.73	+1.53	9.69	20.40	77	52	66	66	- 4			12.69	+0.97	1117

MOYENNES DE GENÈVE — MAI 1918

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700 +

Heure	1 ½	4 ½	7 ½	10 ½	13 ½	16 ½	19 ½	22 ½	Moyenne
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	24.20	24.10	24.34	24.25	23.58	22 92	23.22	23.58	23.77
2e »	25.72	25.71	26.31	26.30	25.56	25.00	25.36	26.29	25.78
3e »	29.92	29.74	29.93	29.85	29.04	28.45	28.80	29.80	29.44
Mois	26.72	26.62	26.96	26.90	26.16	25.55	25.89	26.66	26.43

Température

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	10.27	9.15	10.86	13.97	15.17	15.80	14.38	12.62	12.78
2e »	11.53	10.05	12.31	16.17	19.56	19.23	16.83	14.43	15.01
3e »	13.25	11.64	13.96	17.47	19.95	20.20	18.20	15.34	16.25
Mois	11.73	10.32	12.43	15.92	18.28	18.45	16.53	14.17	14.73

Fraction de saturation en %

1re déc.	82	85	82	67	66	59	68	78	74
2e »	81	85	81	62	48	49	60	73	68
3e »	67	72	68	53	43	40	48	59	56
Mois	76	81	77	61	52	49	59	70	66

Dans ce mois l'air a été calme 269 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{124}{33} = 3.76$

Moyennes des 3 observations (7 ½, 13 ½, 21 ½)

	mm
Pression atmosphérique	26.52
Nébulosité	3.5
Temp. $\frac{7\frac{1}{2} + 13\frac{1}{2} + 21\frac{1}{2}}{3}$ . . .	15°.21
Temp. $\frac{7\frac{1}{2} + 13\frac{1}{2} + 2 \times 21\frac{1}{2}}{4}$.	15°.14
Fraction de saturation	65 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphérique .	(1836-1875)	25.24
Nébulosité	(1847-1875)	5.8
Hauteur de pluie . .	(1826-1875)	79.2
Nombre de jours de pluie	»	12
Temp. moyenne. . .	»	13°.20
Fract. de saturation	(1849-1875)	70 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	Céligny	Collex	Chambésy	Châtelaine	Satigny	Athenaz	Compesières
Hauteur d'eau en mm	19.0	?	19.1	17.0	15.1	16.5	22 0

Station	Veyrier	Observatoire	Cologny	Puplinge	Jussy	Hermance
Hauteur d'eau en mm	13.2	17.3	18.6	21.8	18.4	15.4

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS DE

MAI 1918

Les 1, 4, 6, 7, 9, 14, 23, 25, 26, 27, et 28, brouillard une partie de la journée.
les 5, 6, 11 et 14, vent violent.

GRAND SAINT-BERNARD — MAI 1918

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 ½		13 ½		21 ½		Dominant		Nébulosité 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm												
1	65.4	67.2	68.8	67.1	+ 4.4	65.1	69.0	NE	0	NE	0	NE	0	calme		10	10	10	10
2	68.4	68.8	69.0	68.7	+ 5.9	68.2	69.3	NE	1	NE	0	SW	0	NE	1	1	0	0	0
3	68.2	68.2	68.0	68.1	+ 5.2	67.3	68.6	NE	2	NE	1	NE	0	NE	1	0	1	0	0
4	66.8	66.8	66.6	66.7	+ 3.7	65.9	67.2	SW	2	SW	1	SW	1	SW	1	3	2	10	5
5	64.6	63.9	63.7	64.1	+ 1.0	63.4	65.9	SW	4	SW	4	SW	3	SW	4	10	10	10	10
6	63.1	62.2	60.0	61.8	− 1.4	58.9	63.4	SW	3	SW	3	SW	4	SW	3	10	10	10	10
7	57.1	57.7	58.6	**57.8**	− **5.5**	**56.8**	58.9	SW	2	SW	1	SW	1	SW	1	10	10	10	10
8	59.1	59.4	61.4	60.0	− 3.4	58.8	61.6	SW	1	SW	1	NE	0	SW	1	10	3	10	8
9	60.7	60.5	60.1	60.4	− 3.1	60.0	61.6	NE	0	NE	0	NE	1	NE	1	7	6	10	8
10	59.4	61.0	62.6	61.0	− 2.6	59.2	63.2	NE	1	NE	0	SW	1	var.		7	0	0	2
11	62.7	63.7	63.3	63.2	− 0.5	62.5	63.9	SW	0	SW	0	SW	3	SW	3	4	10	10	8
12	62.2	63.9	63.4	63.2	− 0.6	62.0	64.0	SW	1	SW	1	NE	0	SW	1	10	5	2	6
13	63.0	62.9	62.5	62.8	− 1.1	62.0	63.2	NE	0	SW	2	SW	2	SW	2	8	6	9	8
14	60.7	61.4	62.4	61.5	− 2.5	60.6	62.6	SW	3	NE	1	NE	1	NE	1	10	10	10	10
15	62.5	63.8	65.2	63.8	− 0.3	62.3	65.6	NE	0	NE	0	SW	1	SW	1	0	0	0	0
16	66.0	66.8	67.4	66.7	+ 2.5	65.7	67.7	SW	0	SW	0	NE	0	calme		0	2	2	1
17	67.0	67.4	68.3	67.6	+ 3.3	66.8	68.5	NE	0	SW	0	NE	0	calme		2	2	6	3
18	68.1	68.6	68.8	68.5	+ 4.1	68.0	69.3	NE	1	NE	0	NE	0	NE	1	3	2	2	2
19	69.3	69.4	70.0	69.6	+ 5.1	69.0	70.6	NE	0	SW	0	SW	0	calme		0	2	3	2
20	70.9	71.5	71.6	71.3	+ 6.7	70.6	71.8	SW	0	SW	1	NE	1	var.		0	6	8	5
21	71.5	71.5	72.0	71.7	+ 7.0	71.4	72.2	SW	0	SW	1	SW	1	SW	1	0	6	4	3
22	72.1	72.1	72.0	72.1	+ **7.3**	71.8	72.2	SW	0	SW	1	SW	1	SW	1	0	2	0	1
23	72.1	72.2	72.4	**72.2**	+ **7.3**	71.9	**72.6**	SW	0	SW	0	NE	0	calme		0	1	10	4
24	70.2	69.0	67.7	69.0	+ 4.0	67.4	72.3	NE	1	NE	1	NE	1	NE	1	2	6	8	5
25	66.0	66.3	66.7	66.3	+ 1.3	65.6	67.4	NE	1	NE	1	NE	1	NE	1	10	3	10	8
26	66.0	65.8	66.0	65.9	+ 0.8	65.5	66.4	NE	0	NE	1	NE	0	NE	1	2	6	10	6
27	65.4	65.4	65.1	65.3	+ 0.1	65.0	65.6	NE	0	NE	1	NE	1	NE	1	10	8	10	9
28	65.1	65.6	65.8	65.5	+ 0.2	65.0	66.0	NE	1	NE	1	NE	1	NE	1	10	5	10	8
29	65.4	66.0	66.8	66.1	+ 0.7	65.1	67.3	NE	1	NE	0	NE	0	NE	1	2	10	10	7
30	67.4	68.0	69.5	68.3	+ 2.8	67.1	69.9	SW	1	SW	0	NE	0	SW	1	5	10	2	6
31	69.5	69.5	71.0	70.0	+ 4.4	69.3	71.4	NE	1	NE	1	SW	1	NE	1	0	2	1	1
Mois	65.67	66.02	66.35	66.01	+2.17											4.7	5.0	6.4	5.4

GRAND SAINT-BERNARD — MAI 1918

Jour du mois	Température 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Fraction de saturation en % 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.	Min.	Max.	Pluie et Neige: Ancien Pluie	Ancien pluv. Neige	Nouv. pluv. Pluie	Nouv. pluv. Neige
	°	°	°	°	°	°	°							mm	cm	mm	cm
1	– 2.7	2.0	– 1.9	– 0.9	+ 0.5	– 3.5	2.5	99	76	100	92	64	100	....	....	...	....
2	– 3.0	3.6	– 0.5	0.0	+ 1.3	– 4.5	6.5	83	57	69	70	51	93	....	....	....	....
3	– 1.5	2.9	1.0	0.8	+ 1.9	– 3.0	7.3	82	57	58	66	53	91	....	....	....	....
4	0.2	4.0	1.4	1.9	+ 2.9	– 0.8	7.0	71	72	100	81	66	100	11.7	...	12.9	....
5	– 1.6	4.3	– 2.2	0.2	+ 1.1	– 2.4	4.6	100	100	100	100	98	100	....	....	13.5	11
6	– 1.8	– 0.4	– 1.7	– 1.3	– 0.6	– 2.2	1.0	100	100	100	100	98	100	28.7	10	35.3	28
7	– 1.6	– 0.2	– 1.8	– 1.2	– 0.6	– 3.2	0.4	100	95	98	98	91	100	....	....	5.1	....
8	– 1.5	1.0	– 0.6	– 0.4	0.0	– 2.7	3.0	97	94	100	97	80	100	....	....	4.4	....
9	– 1.8	5.5	– 0.2	1.2	+ 1.5	– 2.3	6.3	95	61	100	85	52	100	....	....	....	....
10	– 0.8	5.5	0.8	1.8	+ 2.0	– 1.4	8.0	89	56	86	77	35	94	...	....	....	....
11	1.0	3.7	0.5	1.7	+ 1.7	0.3	5.0	85	84	100	90	70	100	....	....	....	....
12	– 0.4	4.4	– 1.6	0.8	+ 0.7	– 1.8	4.7	87	52	85	75	35	93	....	...	....	....
13	– 0.9	1.4	– 0.1	0.1	– 0.2	– 3.0	3.0	72	68	96	79	63	98	10.0	....	10.9	....
14	– 1.6	1.6	– 3.4	– 1.1	– 1.5	– 3.8	2.3	98	78	100	92	71	100	...	....	3.2	...
15	– 3.3	6.6	2.3	1.9	+ 1.4	– **5.3**	8.8	80	58	85	74	43	100	....	...	...	....
16	1.6	9.1	3.0	4.6	+ 3.9	0.0	10.0	78	50	92	73	41	94	....	...	....	....
17	2.3	8.5	2.4	4.4	+ 3.6	1.5	10.8	85	63	96	81	47	98	0.6	....	1.6	...
18	2.8	9.9	3.5	5.4	+ 4.5	2.2	11.2	85	55	90	77	44	97	...	....	....	...
19	3.3	11.8	4.6	**6.6**	+ **5.5**	2.2	**12.4**	85	52	80	73	46	98	....	....	...	....
20	3.6	6.8	4.2	4.9	+ 3.7	2.5	9.2	81	69	82	77	55	92	....	...	....	....
21	3.0	5.6	3.6	4.1	+ 2.8	2.5	6.2	85	80	85	83	71	95	....	....	0.7	....
22	3.5	6.8	4.6	5.0	+ 3.6	1.5	6.8	50	55	65	**57**	47	74	...	...	....	...
23	4.0	9.3	4.2	5.8	+ 4.2	2.4	9.8	55	47	99	67	**34**	100	....	...	....	....
24	3.5	9.2	0.8	4.5	+ 2.8	0.5	10.0	82	65	100	82	61	100	...	...	...	....
25	– 0.6	4.0	0.6	1.3	– 0.5	– 1.2	4.7	100	72	100	91	58	100	....	....	....	....
26	1.6	7.6	1.0	3.4	+ 1.5	0.0	9.0	65	58	96	73	43	98	1.3	....	5.0	....
27	2.4	4.4	– 0.6	2.1	0.0	– 0.8	5.6	85	75	96	85	62	98	0.8	....	1.7	....
28	– 3.7	1.3	– 3.2	– **1.9**	– **4.1**	– 3.8	3.2	96	60	89	82	48	98	...	....	....	....
29	– 2.6	1.0	– 1.0	– 0.9	– 3.2	– 3.5	2.0	66	69	94	76	53	98	0.5	...	1.0	....
30	– 0.5	3.0	0.4	1.0	– 1.4	– 1.8	3.0	72	67	91	77	56	95	....	....	....	....
31	1.6	5.6	1.8	3.0	+ 0.5	– 0.3	6.4	81	62	62	68	53	87	....	....	....	....
Mois	0.15	4.83	0.71	1.90	+1.39	– 1.15	6.15	84	68	90	81			53.6	10	95.3	39

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD — MAI 1918

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + — Fraction de saturation en %

Heure	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne	7 ½	13 ½	21 ½	Moy.
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	63.28	63 57	63.88	63.57	92	77	91	87
2e »	65.24	65.94	66.29	65.82	84	63	91	79
3e »	68.25	68.31	68.64	68.40	76	65	89	77
Mois	65.67	66.02	66.35	66.01	84	68	90	81

Température

Heure	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne $\frac{7\frac{1}{2}+13\frac{1}{2}+21\frac{1}{2}}{3}$	Moyenne $\frac{7\frac{1}{2}+13\frac{1}{2}+2\times21\frac{1}{2}}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	– 1.61	2.82	– 0.57	0.21	0.02
2e »	0.84	6.38	1.54	2.92	2.58
3e »	1.11	5.25	1.11	2.49	2.15
Mois	0.15	4.83	0.71	1.90	1.60

Dans ce mois l'air a été calme 430 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{25}{52} = 0.48$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	Grand St-Bernard Anc. P.	Grand St-Bernard Nouv. P.
Eau en mm . .	14.7	16 8	20.6	53.6	95.3
Neige en cm . .	—	—	—	10	39

Supplément aux Archives des Sciences physiques et naturelles
1918

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

Vol. 35, N° 1. 1918 Janvier-Mars

Comité pour l'année 1918.

Bureau	M. Frédéric Battelli, *Président.* M. Johann Carl, *Vice-Président.* M. Augustin de Candolle, *Trésorier.* M. F. Louis Perrot, *Secrétaire-correspondant.* M. Etienne Joukowsky, *Secrétaire des séances.*
Membres adjoints	M. John Briquet. M. Albert Brun. M. Arnold Pictet. M. Emile Briner.

M. le professeur Emile Yung, Président pour l'année 1918, décédé le 25 février, a été remplacé par M. Battelli.

Membres ordinaires résidant a Genève.

Ador, Emile, rue Sénebier, 20	(1873)
Battelli, Frédéric, rue Eynard, 6	(1902)
Bedot, Maurice, Muséum, Bastions	(1884)
Boissier, Raoul, rue de la Tertasse, 4	(1917)
Bonna, Auguste, rue Petitot, 15	(1898)
Briner, Emile, rue Cavour, 3	(1910)

Briquet, John, chemin des Clos, 33 (1893)
Brun, Albert, rue des Moulins, 1 (1890)
Bujard, Eugène, rue Bergalonne, 6 (1914)
Cailler, Charles, av. de la Gare des Eaux-Vives, 35 (1893)
Candolle, Casimir de, rue Massot, 11 (1861)
Candolle, Augustin de, chemin du Square, 3 (1900)
Carl, Johann, Muséum, Bastions (1905)
Chaix, Emile, chemin des Cottages, 128 bis (1890)
Chaix, André, place Jargonnant, 3 (1912)
Chodat, Robert, Pinchat sur Carouge (1888)
Claparède, Edouard, chemin de Champel, 11 (1904)
Cristiani, Hector, Corraterie, 15 (1907)
Demole, Eugène, chemin de Miremont, 8 (1874)
Du Bois, Charles, rue Saint-Léger, 4 (1907)
Duparc, Louis, Ecole de Chimie (1889)
Espine, Adolphe d', rue Beauregard, 6 (1874)
Esternod, Auguste d', Noirettes 15, Acacias (1908)
Favre, Ernest, rue des Granges, 8 (1869)
Favre, François, rue des Granges, 12 (1913)
Favre, Jules, Muséum, Bastions (1913)
Flournoy, Théodore, chemin de Florissant, 9 (1890)
Gautier, Maurice, rue de l'Hôtel de Ville, 14 (1893)
Gautier, Raoul, Observatoire (1883)
Guye, Charles-Eugène, chemin de Florissant, 4 (1889)
Guye, Philippe-Auguste, chemin Bizot, 3 (1892)
Hochreutiner, Georges, rue de la Cloche, 8 (1902)
Joukowsky, Etienne, Muséum, Bastions (1909)
Lagotala, Henri, Arsenal, Plainpalais (1916)
Le Royer, Alexandre, rue Tœpffer, 19 (1889)
Lessert, Roger de, Buchillon, Vaud (1910)
Long, Edouard, rue Constantin, 6 (1905)
Lullin, Théodore, rue Beauregard, 6 (1897)
Micheli, F. Jules, Jussy (1902)
Penard, Eugène, rue Tœpffer, 3 (1889)
Perrot, F. Louis, Chambésy (1889)
Pictet, Amé, rue Bellot, 13 (1887)
Pictet, Arnold, Château Banquet, rue de Lausanne (1897)
Pidoux, Justin, Observatoire (1898)

Pittard, Eugène, chemin des Cottages, 36 (1904)
Prévost, J. Louis, rue Eynard, 6 (1868)
Reich, Siegmund, Ecole de Chimie (1917)
Reverdin, Frédéric, rue Michel-Chauvet, 8 (1897)
Reverdin, Jacques, Pregny (1913)
Rive, Lucien de la, Choulex (1863)
Sarasin, Charles, rue de la Cité, 22 (1892)
Schidlof, Arthur, avenue du Mail, 26 (1911)
Stern, Lina, Ecole de Médecine (1908)
Tommasina, Thomas, Mon Ermitage, Champel (1902)
Van Berchem, Paul, Grand Mézel, 4 (1890)
Weber, Edmond, Muséum, Bastions (1910)

Membres émérites

Bach, Alexis, Moscou (1902)
Baume, Georges, Paris (1910)
Bugnion, E., Aix-en-Provence (1908)
Burnat, Emile, Vevey (1902)
Cantoni, Humbert, Paris (1910)
Crafts, J. M., Boston (1893)
Collet, Léon W., Berne (1909)
Delebecque, André, Paris (1890)
Dussaud, Bernard, Paris (1898)
Jacquerod, A., Neuchâtel (1905)
Pictet, Raoul, Paris (1869)
Ritter, Etienne, Colorado (1908)
Saussure, René de, Berne (1903)
Schepilof, Cath., Moscou (1902)
Sulzer, David, Paris (1897)

Membres honoraires

Blanc H., Lausanne (1910)
Blaserna, Pierre, Rome (1871)
Blondlot, René, Nancy (1903)
Capellini, Giovanni, Bologne (1911)
Chantre, Ernest, Lyon (1870)
Ciamician, Giacomo, Bologne (1912)
Coaz, Johannes, Berne (1902)
Engler, Adolf, Berlin (1914)
Fischer, Emil, Berlin (1892)
Graebe, Charles, Francfort (1907)
Guillaume, Ch.-Ed., Sèvres (1894)
Haller, Albin, Paris (1910)
Hanriot, Maurice, Paris (1892)
Hantzsch, A.-Rud., Leipzig (1892)
Heim, Albert, Zurich (1884)
Lehmann, Otto, Karlsruhe (1910)
Lemoine, Georges, Paris (1913)
Lockyer J. Norman, Londres (1875)
Lorentz, Hend.-A., Leyde (1900)
Maquenne, Léon, Paris (1892)
Mourelo, José-Rod., Madrid (1913)
Nagaoka, H., Tokio (1900)
Noelting, Emile, Milan (1892)
Ostwald, W., Grossbothen (1910)
Paterno di Sessa, E., Rome (1912)
Radlkofer, Lud., Munich (1889)
Righi, Auguste, Bologne (1898)
Sarasin, Fritz, Bâle (1910)

Studer, Théophile, Berne	(1887)	Werner, Alfred, Zurich	(1910)
de Vries, H.. Amsterdam	(1917)	Wiedemann, E., Erlangen	(1887)
Weiss, Pierre, Zurich	(1910)	Zschokke. Fritz, Bâle	(1915)

Associés libres

Barbey, Auguste	(1915)	Odier, James	(1864)
Béraneck, Edmond	(1897)	Paccard, David	(1892)
Cardoso, Ettore	(1910)	Paccard, Edmond	(1892)
Darier, Georges	(1903)	Parodi, Henri	(1914)
Fatio, Henry	(1905)	Perrot, Gaston	(1916)
Flournoy, Edmond	(1893)	Pictet, Guillaume	(1899)
Flournoy, Henri	(1910)	Pictet, Louis	(1890)
Frütiger, Georges	(1894)	Pictet, Pierre	(1915)
Hahn, Ernest	(1916)	Rilliet, Auguste	(1910)
Luc, Armand de	(1913)	Turrettini, Edmond	(1905)
Martin, Edouard	(1891)	Turrettini, William	(1916)

Séance du 17 janvier 1918.

Présidence de M. Emile Yung.

M. Arnold Pictet, président sortant de charge, donne lecture de son rapport sur l'activité de la Société. Ce rapport contient des notices nécrologiques sur MM. Frey-Gessner, Edouard Sarasin, Alfred Monnier, membres ordinaires, MM. K. Birkeland, Ad. von Baeyer, membres honoraires. Ces nécrologies seront publiées in extenso dans le volume 39 des Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire naturelle.

La séance du 7 février 1918 a été contremandée en signe de deuil, à l'occasion du décès de M. le professeur Yung, président de la Société.

Séance du 21 février 1918.

Présidence de M. Frédéric Battelli.

N. Betchov. — *Systématisation branchiale des nerfs craniens.*

L'étude d'embryons de mammifères, conduite au point de vue des relations pouvant exister entre les segments branchiaux et la distribution nerveuse périphérique, aboutit au schéma général suivant: *Les nerfs craniens s'ordonnent par rapport aux fentes branchiales.* Chacun d'eux étend ainsi son territoire d'innervation sur deux arcs adjacents (rameaux pré- et post-trématiques). Les quatre premières paires nerveuses ainsi que l'oculomoteur commun appartiennent à une région où la métamérie primitive, si tant est qu'elle ait jamais existé, est trop effacée pour permettre une systématisation dans ce sens.

Le *trijumeau* appartiendrait, par sa branche ophtalmique, à la fente cristallinienne admise par quelques auteurs. Par ses deux branches maxillaires il devient le nerf de la *fente buccale.*

Le *facial*, nerf de la *première fente branchiale* présente une exception apparente: en innervant les muscles de la face, il paraît empiéter sur le domaine du trijumeau. Il n'en est rien, l'origine des muscles faciaux à partir de l'arc hyoïdien rend compte du fait et ramène le facial dans la loi générale [1].

Le *glosso-pharyngien* est préposé à l'innervation de la *deuxième fente branchiale.* Le nerf de Jacobson appartient au système sympathique; dès lors il n'y a pas lieu de chercher à le faire rentrer dans un cadre branchial, le sympathique a une apparition phylogénétique et ontogénique tardive qui doit le faire mettre à part, comme le fait déjà sa physiologie.

[1] Futamura, Ueber die Entwickelung der Facialismuskulatur des Menschen, *Anatomische Hefte*, Bd. 30, 1906.

Le *pneumogastrique*, abstraction faite de ses rameaux viscéraux (qui font partie de l'appareil sympathique ou si l'on veut parasympathique) et des fibres qui lui viennent du spinal (récurrent), se réduit à peu près au *laryngé supérieur*, nerf de la *troisième fente branchiale*.

Les quatrième et cinquième fentes ne semblent pas présenter de nerfs en propre. Les processus de plissement qui ont amené la formation du larynx, ont entraîné l'effacement du cinquième arc, phénomène à rapprocher de l'involution du cinquième arc vasculaire. Si les fentes quatre et cinq étaient munies de nerfs comme les autres fentes, il faudrait les chercher entre l'aorte et le tronc artériel à gauche, sous la sous-clavière à droite. Or, on sait que seul le *récurrent* possède un tel trajet en anse. Le fait qu'il contourne chez l'embryon le sixième arc vasculaire, le fait qu'il tire ses fibres des noyaux centraux du *spinal*, nous feront considérer ce dernier nerf comme appartenant à une *sixième fente* toute virtuelle, située entre le dernier arc (aryténoïdes)[1] et les segments cervicaux. Le trajet du récurrent, branche prétrématique de la onzième paire fusionnée avec le vague, est conditionné par la descente dans le thorax du sixième arc vasculaire.

L'*hypoglosse* occupe une place à part parmi les nerfs craniens. il échappe à l'ordination branchiale par son rang dans la série des paires craniennes autant que par son territoire de distribution. Il semble destiné à innerver la région copulaire de plusieurs arcs superposés; pour cela il draine les centres bulbaires correspondant à plusieurs étages branchiaux; en effet, son noyau d'origine prolonge la base des cornes antérieures de la moelle jusqu'au niveau des noyaux oculo-moteurs.

Appliquée à l'anatomie humaine adulte, la répartition des nerfs par fentes branchiales devient la suivante :

[1] E. Kallius, *Anatomische Hefte*, Bd. 9, 1897.

Nerfs	Fentes	Branches pré- (1) et (2) post-trématique	DISTRIBUTION Motrice	Sensitive	Segments
V Trijumeau	buccale	(1) n. maxill. sup.	—	arcades dent. sup.	maxill. supér.
		(2) n. maxill. inf.	m. masticateurs, m. du marteau * * * * m. de la langue (?)	arcades dent. inf. * * * * partie ant. de la langue	1r arc branchial
VII-VIII (Acoustico)-Facial	1e branchiale	(1) ch. du tympan			
		(2) facial propt. dit.	m. de l'étrier, digastrique, stylo-hyoïdien, rameau cervico-facial, m. de la face	—	2e arc branchial
IX Glosso-pharyngien	2e branchiale	(1) branches pour :	* * * * m. stylo-pharyngien, digastrique, stylo-glosse, glosso-staphylin	* * * * V lingual, rameaux tonsillaires et pharyngiens	
		(2) branches pour :	m. constricteur moyen du pharynx * * * *	Partie post. de la langue	3e arc branchial
X Laryngé supérieur	3e branchiale	(1) rameau sup. (2) n. laryngé externe	m. constricteur inf. du pharynx, m. crico-thyroïdien, m. laryngés,	Muqueuses du pharynx et du larynx	4e-5e-6e arcs branchiaux
XI Spinal	(6e branchiale)	(1) récurrent	* * * * m. laryngés	* * * * —	
		(2) rameaux muscul.	m. trapèze, sterno-cleido-mastoïdien	—	Segments cervicaux
XII Grand Hypoglosse	1e-2e-3e-4e br.		m. génio-hyoïdien, m. de la langue, m. thyro-hyoïdien, m. sterno-thyroïdien	—	tous les arcs et segments (rég. copul.)

Ces relations ontogénétiques, que la phylogénèse confirme du reste entièrement[1], attirent l'attention sur la possibilité de relations d'un ordre physiologique ou même pathogénique.

Que l'on songe par exemple au rôle de l'appareil thymo-parathyroïdien (fentes III-IV) dans la régulation de l'excitabilité nerveuse, aux troubles qu'entraîne l'insuffisance de ces dérivés branchiaux *(tétanie)*, troubles qui semblent présenter une électivité particulière pour l'appareil nerveux de l'étage branchial correspondant *(laryngospasme)*. Les relations existant ailleurs entre certains organes de provenance nerveuse et certains dérivés glandulaires *(hypophyse, surrénales)* ne font que souligner l'importance des rapports ontogéniques analogues se réalisant au niveau de l'appareil branchial.

Et enfin le tableau anatomo-clinique des status *thymico-lymphatiques*, par l'origine des organes atteints (amygdales, thymus : fentes II, III, IV), par les nerfs dont il altère la fonction (mort subite par le vague ?), par l'aplasie fréquente de l'aorte (quatrième arc vasculaire), n'indiquerait-il pas la possibilité d'un trouble dans le développement de parties déterminées de l'appareil branchial ?

J. SARASIN. — *Distillation de la cellulose et de l'amidon dans le vide.*

Lorsque l'on chauffe graduellement la cellulose pure (coton), dans un appareil distillatoire dans lequel on a fait un vide de 12^{mm}-15^{mm}, il passe d'abord de l'eau, puis entre 250° et 350° une huile épaisse de couleur jaune, qui se prend bientôt en une masse pâteuse et semi-cristallisée. Il ne reste dans la cornue qu'une faible quantité de charbon (10 $^0/_0$).

La masse pâteuse forme les 45 $^0/_0$ de la cellulose employée ; il suffit, pour la purifier, de la faire cristalliser dans l'acétone ou dans l'eau chaude.

On obtient ainsi un corps parfaitement blanc, en cristaux tabulaires anhydres et fusibles à 179°,5. L'analyse de ce com-

[1] R. WIEDERSHEIM, Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere, Iena, 1902, p. 250.

posé, ainsi que la détermination de son poids moléculaire, lui assignent la formule $C_6H_{10}O_5$.

Il est très soluble dans l'eau, l'alcool, l'acétone et l'acide acétique et presque insoluble dans les autres dissolvants organiques.

Il possède une saveur à la fois amère et sucrée.

Il est fortement lévogyre ($\alpha_D = -64°,59$).

Il forme facilement avec les chlorures de benzoyle et d'acétyle un dérivé tribenzoylé et un dérivé triacétylé.

Par hydrolyse avec l'acide sulfurique dilué, il se transforme lentement en α-glucose. Il ne fermente pas avec la levure de bière.

Ces propriétés correspondent en tout point à celles de la *lévoglucosane* que Tanret a décrite en 1894 comme produit de dédoublement de certains glucosides rares et que Vongerichten a étudiée dans la suite.

L'amidon se comporte exactement comme la cellulose dans la distillation sous pression réduite et fournit avec le même rendement un produit identique au précédent.

L'intérêt industriel de ce nouveau procédé d'obtention de la lévoglucosane réside dans la possibilité de fabriquer, par son intermédiaire, du glucose et de l'alcool à partir de matières cellulosiques.

Les recherches entreprises pour déterminer la constitution de la lévoglucosane ont rendu probable pour ce corps la formule développée suivante :

```
HOHC——CHOH
  |      |
  HC     CH
  |\    /|
  |  O   |
 H2C    CHOH
   \    /
     O
```

La lévoglucosane renfermerait ainsi trois groupes hydroxyle et deux noyaux cycliques, dont l'un serait celui des composés du furane. Cette formule rend compte de la stabilité très grande de la molécule.

Le groupement atomique de la lévoglucosane doit être préformé dans les molécules de cellulose et d'amidon et non pas dû à

l'action de la chaleur; le glucose en effet ne donne que des traces de lévoglucosane par distillation dans le vide: en outre, la décomposition par la chaleur de la lévoglucosane donne naissance aux mêmes produits que la cellulose et l'amidon.

Comme la lévoglucosane, ces deux polysaccharides ont trois groupes hydroxyle et donnent du glucose par hydrolyse.

Il semble probable que la cellulose et l'amidon sont formés de la soudure d'un certain nombre de groupes ($C_6H_{10}O_5$), représentés par la formule suivante:

```
HOHC——CHOH
  |      |
  HC     CH
  |\ O /|
 H2C    CHOH
  |      |
  O
  |
```

et réunis les uns aux autres par des liaisons oxygénées.

Ces groupes peuvent être en nombre quelconque, s'associer de diverses manières et former ainsi suffisamment de formules pour représenter les diverses celluloses et les divers amidons.

Il ressort aussi de ces recherches que les molécules de cellulose et d'amidon doivent différer fort peu dans leur structure, puisqu'elles donnent naissance identiquement au même produit dans la distillation sous pression réduite.

Séance du 7 mars 1918.

Ed. Claparède. — *Sur une méthode de mesure de la connaissance d'une langue étrangère.*

Si l'on mesure le temps nécessaire pour traduire un certain nombre de mots de la langue maternelle dans une langue étrangère, par exemple de français en allemand, on constate que plus la langue étrangère est familière, plus le temps de traduction est court. On peut donc se demander si la détermi-

nation de ce temps ne pourrait pas constituer un moyen de mesurer le degré de familiarité de la langue étrangère. A une époque comme la nôtre, où la question des tests d'aptitudes professionnelles est à l'ordre du jour, un test permettant d'apprécier dans quelle mesure une langue étrangère est possédée d'une façon plus ou moins courante serait le bienvenu.

Les expériences faites jusqu'ici ne permettent pas encore des conclusions définitives sur la valeur du procédé. Il s'agirait avant tout de déterminer la relation entre ces deux variables que sont, d'une part, la connaissance courante d'une langue étrangère, et d'autre part la rapidité de traduction des mots.

Au lieu de faire traduire un *mot* de la langue maternelle, il vaudrait mieux faire dénommer dans la langue étrangère des *images* d'objets, et mesurer le temps de dénomination. Une langue est en effet d'autant plus familière que les signes qui la composent sont associés aux choses qu'ils représentent, et non à d'autres signes verbaux.

Un procédé analogue consisterait à faire associer un mot à un autre dans la langue étrangère, et à mesurer le temps d'association.

Il s'agirait, en tout cas, de compléter ces tests de vitesse par un test de qualité composé d'une série de textes de plus en plus difficiles, formant une échelle. Cette seconde épreuve consisterait à noter jusqu'à quel degré de l'échelle la traduction peut être faite sans aucune faute.

Mlle Stern et E. Röthlin. — *Effets de l'application locale du curare sur les différentes parties du cervelet.*

Le rôle physiologique du cervelet a fait l'objet d'études nombreuses de la part de plusieurs expérimentateurs dans le courant du XIXe siècle. Différentes théories ont été émises, soit sur les fonctions générales du cervelet, soit sur les localisations plus ou moins étroites des fonctions motrices dans les différentes parties du cervelet. Ces différentes théories, tout en se contredisant sur certains points, s'accordent toutes à attribuer au cervelet un rôle dans les phénomènes d'ordre moteur, mais n'envisagent pas une intervention possible du cervelet dans les

manifestations d'ordre psychique ou émotif, ni dans les fonctions dépendant du système nerveux sympathique et parasympathique.

Ce n'est qu'en 1902 que Pagano, appliquant à l'étude du cervelet la méthode d'excitation par le curare, décrit pour la première fois, outre des phénomènes moteurs, des manifestations psychiques ou émotives très marquées chez le chien, après injection d'une petite quantité de curare (0,1 à 0,3 cm^3 d'une solution à 1 $^0/_0$) dans le cervelet. L'excitation psychique se termine le plus souvent par une crise épileptique avec perte de connaissance suivie de la mort de l'animal.

Outre des manifestations psychiques, l'auteur observe des phénomènes viscéraux assez marqués. Pagano conclut de ces observations confirmées par des recherches ultérieures, que le cervelet possède des fonctions psychiques.

La méthode d'excitation par le curare est appliquée dans la suite par plusieurs auteurs à l'étude des fonctions du cervelet (Ciovini, Amantea, Galante). Ces auteurs confirment d'une façon générale les résultats de Pagano en ce qui concerne les phénomènes moteurs, mais ne constatent point d'effet psychique ni viscéral à la suite d'injections de curare dans les différents points du cervelet.

Les résultats divergents obtenus par ces auteurs ayant employé la même méthode d'investigation ne peuvent s'expliquer que par un défaut de la technique employée.

En effet, nous avons pu nous convaincre à maintes reprises qu'il est impossible d'injecter dans n'importe quel point du cervelet une quantité appréciable de liquide sans qu'il y ait reflux et diffusion dans les différentes directions. Il s'ensuit que dans les expériences des auteurs ayant employé la méthode d'injection, il ne peut pas être question d'une application bien délimitée de la substance employée. C'est au hasard de la diffusion du liquide injecté que doivent être attribués les résultats divergents de ces expérimentateurs.

Nous avons cru pouvoir éliminer l'erreur due à ce procédé expérimental en nous servant de la méthode de M. Battelli, qui consiste essentiellement à appliquer la substance excitante à l'aide de fléchettes enduites d'une pâte de cette substance. Pour

les détails de ce procédé, nous renvoyons à la communication de M. Battelli[1].

A l'aide de ce procédé, nous avons pu explorer le cervelet dans toute son étendue et dans toute sa profondeur. Nos expériences ont été faites sur un grand nombre d'animaux différents chiens, chats, lapins, cobayes.

L'opération a été faite en deux temps.

Le cervelet est mis à nu sur une assez grande étendue par trépanation. La plaie est refermée et l'animal est laissé au repos jusqu'à rétablissement complet de l'opération. La fléchette enduite de curare est alors introduite à l'endroit et à la profondeur voulus, la plaie est refermée et l'animal est ordinairement remis en liberté et observé. L'expérience est complétée par l'autopsie de l'animal. On détermine exactement l'emplacement de la fléchette soit sur le cerveau frais soit sur le cerveau durci dans l'alcool ou le formol.

Les observations faites au cours de ces expériences ont confirmé d'une manière générale les données des auteurs cités plus haut quant aux effets moteurs en général, sans toutefois permettre une délimitation plus étroite des localisations motrices dans les différents points du cervelet.

Par contre, nous n'avons jamais noté de manifestations analogues à celles que Pagano qualifie de psychiques ou émotives, tant que la flèche était restée dans la masse cérébelleuse et que la quantité de curare n'était pas trop grande. Mais lorsque la pointe de la flèche, ayant traversé la masse cérébelleuse, était arrivée dans le troisième ou le quatrième ventricule, l'animal présentait généralement au bout d'un temps plus ou moins long 10^{m} à 45^{m}), outre des phénomènes moteurs habituels, un état d'agitation générale analogue à celui décrit par Pagano et qui se terminait par une crise épileptique plus ou moins intense.

De même les effets viscéraux et d'autres manifestations pouvant être attribuées à un état d'excitation du système nerveux sympathique et parasympathique (hérissement des poils, bave. dilatation pupillaire. protrusion de l'œil, larmes, etc.), ne s'observaient que dans les cas où le curare avait pu pénétrer dans

[1] Voir, p. 14.

les ventricules cérébraux. Dans ces cas nous avons souvent constaté une élévation considérable de température, surtout chez le chien.

Les résultats et les conclusions de nos expériences peuvent se résumer comme suit :

1. Le cervelet ne possède pas de centre spécial en rapport avec les manifestations psychiques ou émotives.

2. Les phénomènes viscéraux, de même que d'autres phénomènes pouvant être mis en rapport avec l'excitation du système nerveux sympathique et parasympathique ne peuvent pas être provoqués par l'excitation du cervelet.

3. L'excitation du cervelet peut produire des manifestations motrices plus ou moins étendues mais ne provoque pas de crise convulsive épileptiforme.

4. L'état d'agitation psychique particulier noté par Pagano, de même que les phénomènes viscéraux et les différentes manifestations en rapport avec un état d'excitation du système nerveux sympathique et parasympathique ne s'observent que lorsque le curare entraîné par le liquide céphalo-rachidien arrive en contact avec les différents centres nerveux situés dans le voisinage des ventricules cérébraux.

5. Les manifestations sont d'autant plus intenses et se produisent d'autant plus vite que la quantité de curare pénétrée dans le liquide céphalo-rachidien est plus grande et que la diffusion est plus rapide.

Fr. Battelli. — *Méthode pour préciser le point d'application de substances chimiques dans la profondeur des centres nerveux.*

Dans un grand nombre d'expériences, plusieurs substances chimiques ont été mises directement en contact avec les centres nerveux. Les buts de ces recherches sont très variables, mais dans plusieurs cas il s'agit d'étudier les propriétés physiologiques d'un centre nerveux, en cherchant à exciter ou à inhiber sa fonction. Une des conditions essentielles dans ces expériences est naturellement celle de connaître exactement le

point où on a appliqué la substance chimique employée. Il va de soi qu'il n'existe aucune difficulté s'il s'agit d'appliquer la substance à la surface externe des centres nerveux.

Mais il n'en est plus de même lorsqu'on veut porter la substance dans la profondeur de la masse nerveuse. Jusqu'ici les différents auteurs ont eu recours au procédé le plus simple, consistant à injecter la substance chimique dissoute dans un liquide approprié.

Pour faciliter, à l'autopsie, la recherche du point où la substance a été injectée, quelques auteurs ont ajouté au liquide une substance colorante.

Ce procédé présente plusieurs inconvénients, dont le principal est représenté par le reflux et la diffusion très rapide de la substance injectée. Le reflux est surtout considérable pour certaines parties des centres nerveux, tels que le cervelet.

On obtient des résultats beaucoup plus précis par la méthode suivante. La substance chimique est portée en contact avec les centres nerveux au moyen d'une petite flèche. On fait un mélange assez épais, composé de gomme arabique en solution et de la substance chimique qu'on veut employer, le curare, par exemple; on applique ce mélange à la surface de la petite flèche constituée par une épine bien fine ou par le bout d'une petite aiguille rouillée, et on laisse sécher. Les flèches peuvent être de différente longueur; de même, la couche du mélange sera plus ou moins épaisse et pourra recouvrir une étendue plus ou moins grande de la surface de la flèche, de 1 à 5 millimètres par exemple.

L'extrémité de la flèche qui n'est pas enduite de curare, est introduite dans une petite canule métallique, pourvue d'un mandrin qui permet de pousser la flèche hors de la canule.

Lorsqu'on veut faire l'expérience, on commence par pratiquer la trépanation du crâne et par mettre à nu la surface du cerveau. La canule portant la flèche est alors plongée dans la masse cérébrale à l'endroit approprié et à la profondeur nécessaire. On pousse le mandrin et on retire la canule. La flèche reste ainsi dans le cerveau.

Après la mort de l'animal, le cerveau sorti du crâne est plongé dans un liquide durcissant. Les coupes du cerveau durci permettent d'établir d'une manière précise l'endroit où la flèche avait été appliquée.

Cette méthode a aussi le grand avantage de retarder la diffusion de la substance qu'on a introduite dans le cerveau. Le mélange se dissout peu à peu ; les parties cérébrales qui entourent immédiatement la flèche, se trouvent en contact avec une solution très concentrée de la substance chimique, qui peut ainsi exercer le maximum de son action sur les centres nerveux où la flèche est plongée.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE VOLUME QUARANTE-CINQUIÈME (4me PÉRIODE)

1918 — Janvier-Juin

Compte rendu des séances de la Société vaudoise des Sciences naturelles.

Compte rendu de la séance d'hiver de la Société suisse de chimie du 9 mars 1918.

Bulletin scientifique.

Observations météorologiques faites à Genève et au Grand Saint-Bernard.

SUPPLÉMENT N° 1

Compte rendu des séances de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève.

